

Die Lahn

Geographische Grundlagen einer Wasserwirtschaft

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

FRANZ TICHY

aus Schreiberhau i. Riesengebirge



Marburg (D4) 1951

Universitäts-Buchdruckerei Joh. Aug. Koch, Marburg

Berichterstatter: Professor Dr. H. Schmitthener

Mitberichterstatter: Professor Dr. C. Kockel

Tag der mündlichen Prüfung: 24. 7. 1950

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Die Dissertation erscheint auch in den Marburger geographischen Schriften
Band 2, 1951

Inhalt

A. Vorwort	7
B. Zur Hydrographie des Lahngebietes	
I. Ueberblick über das Einzugsgebiet der Lahn und ihrer Zuflüsse	
1. Lage und Grenzen	11
2. Höhenverhältnisse	12
3. Geologischer Bau Verbreitung und hydrographische Wertung der Gesteine	14
4. Ausbildung und Entstehung des Gewässernetzes	18
5. Klimatisch-hydrographische Gliederung und Kennzeichnung	
a) Atlantische und kontinentale Einflüsse	21
b) Die thermische Kontinentalität der Täler und Becken gegenüber den Höhen	25
c) Zur hygrischen Kontinentalität	26
II. Die Abflußverhältnisse in Abhängigkeit von den geographischen Bedingungen	
1. Niederschlag und Abfluß	
a) Das Beobachtungsmaterial	27
b) Die Niederschlagsverhältnisse	
α) Der mittlere jährliche Niederschlag	30
β) Niederschlagsmengen und ihre Bestimmung	33
γ) Die monatliche Niederschlagsverteilung	34
δ) Absolut höchste und tiefste Monatswerte des Niederschlags	38
ε) Größte Niederschlagsmengen eines Tages und kürzerer Zeiträume	39
ζ) Schneeverhältnisse	42
c) Die Größe der Verdunstung des Niederschlagsgebietes	45
α) Bestimmung der Gebietsverdunstung nach Erfahrungsformeln	46
β) Versuch zur Verdunstungsbestimmung im Lahngebiet . . .	46
γ) Der Jahresgang der Verdunstung	47
d) Die Abflußverhältnisse	
α) Die Größe des mittleren Abflusses	48
β) Schwankungen der jährlichen Abflußmengen	
γ) Der Jahresgang von Niederschlag und Abfluß	52
e) Hochwasser der Lahn	
α) Häufigkeit und Größe der Hochwasser	57
β) Entstehungsbedingungen für größere Hochwasser . . .	63
γ) Ablauf von Hochwasserwellen	72
δ) Hochwasser-Abflußmengen	77

f) Niedrigwasser-Verhältnisse im Lahngebiet	81
α) Eintrittszeiten und Dauer von Niedrigwasser	82
β) Entstehungsbedingungen für Niedrigwasserperioden	84
γ) Niedrigwasserabfluß	94
2. Oberflächenformen und Wasserabfluß	95
a) Gefällsverhältnisse	96
b) Talbreiten	99
c) Flußdichte	101
3. Wald und Wasserabfluß	
a) Anteil des Waldes und der Waldarten am Lahngebiet	107
b) Wald — Frosttiefe — Hochwasserabfluß	110
c) Wirkungen des Waldes auf den Wasserabfluß	112
C. Schluß	
Verbindung anthropogeographischer Tatsachen und Forderungen mit physisch-geographischen Voraussetzungen als Aufgabe der Wasserwirt- schaft im Lahngebiet bei Talsperrenplanungen	115
D. Literaturverzeichnis	120

Verzeichnis der Kartenbeilagen

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Seite
1	Gewässerkarte des Lahngebietes mit Deckblatt: Einteilung des Einzugsgebietes	9
2	Geologische Übersicht	15
3	Lahn und Ohm. Tallängsschnitte und Entwicklung der Einzugsgebiete	18
4	Beginn der Fliederblüte 1937 (nach Reichsamt für Wetterdienst 1939)	24
5	Mittlere Jahressumme des Niederschlags in mm (nach Blättern 1:200 000 des Zentralamts des Deutschen Wetterdienst in der US-Zone 1949)	31
6	Winterniederschlag in Prozentsen der Jahressumme	35
7	Typen der monatlichen Niederschlagsverteilung	37
8	Mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke (nach Klimaatlas von Hessen, Karte 22)	44
9	Wassermengendauerlinien der Lahn am Pegel Biedenkopf: Jahr, Winter, Sommer, im Mittel der Periode 1944/48; Sommer 1947 *)	51
10	Mittlere Monatswasserstände der Lahn Periode 1926/35	53
11	Mittlerer Jahresgang von Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Lahngebiet bis Pegel Leun, Periode 1936/44	56
12	Hochwasserauftreten von 1851—1948 am Pegel Gießen/Lahn (nach Jahrbuchauszügen) *)	59
13	Hochwasserwellen der Lahn am Lattenpegel in Biedenkopf/Lahn	61
14	Verlauf verschiedener Hochwasser in der Lahn am Pegel Biedenkopf (Wassermengen in m ³ /s) *)	62
15	HW-Regenhöhen verschiedener Hochwasser im oberen Lahn- und Ohmgebiet (nach Archivauszügen)	67
16	Verlauf der HW-Welle 2.—8. 2. 1909 (nach Bearbeitung des Wasserstraßenamtes Diez)	74
17	Verlauf der HW-Doppelwelle 4.—11. 2. 1946 in Lahn, Ohm und Dill (nach Pegellisten)	75
18	Höchstwerte der Abflußspende in Abhängigkeit von der Fläche (nach W. Wundt)	79
19	Abweichung von Monatsmittelwerten klimatischer Elemente und Wasserstände im Lahngebiet 1946 und 1947	92
20	Talbreiten der Lahn und Ohm (schematisch)	100
21	Flußdichte und Jahresniederschlag	104

*) Ein Teil der Kartenbeilagen wurde dankenswerterweise von Herrn Weber, Wasserwirtschaftsamt Dillenburg ins Reine gezeichnet. Die mit *) bezeichneten Karten wurden dort entworfen nach den Ermittlungen von Herrn Reg.-Baurat a. D. Schmidt und des Verfassers.

Vorwort

Die vorliegende Untersuchung entstand aus Unterlagenmaterial, das zum Zwecke der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen im Gebiete der oberen Lahn und im Ohmgebiet für das Vorarbeitenamt beim Wasserwirtschaftsamt Dillenburg beschafft und zur Verfügung gestellt werden konnte. Es sind geographische Unterlagen, die hier der Wasserwirtschaft gegeben werden, da gewässerkundliches Beobachtungsmaterial im Lahngebiet recht mangelhaft ist und für sich allein eine wenig sichere Grundlage bietet. Es sollte versucht werden, das Wasser als Element in den Landschaften des Lahngebietes, vor allem den Wasserabfluß, in seiner physisch- und anthropogeographischen Bedingtheit und Wirkung zu erkennen. Die Gebiete der oberen Lahn und der Ohm stehen der vorgenannten Aufgabe entsprechend meist im Vordergrund, doch es ist notwendig, nicht nur in der hydrographischen Beschreibung, sondern auch in der praktischen Arbeit der Wasserwirtschaft stets das ganze Flußgebiet im Auge zu behalten. Ländergrenzen sind bei der Befolgung dieses Gesichtspunktes oft hinderlich.

Das Lahngebiet ist bisher weder in gewässerkundlichen noch in geographischen Arbeiten zusammenfassend betrachtet worden. Als Nebenfluß des Rheins wird die Hydrographie der Lahn in dem heute veralteten Rheinstromwerk von 1889 behandelt. Die für die Praxis wichtigen Angaben über Einteilung des Einzugsgebietes, Größen der Teilgebiete, ausnutzbares Gefälle und Wasserkräfte finden sich in dem Tabellenwerk der Preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde von 1914 (vgl. Literaturverz. „Wasserkräfte . . .“). An Einzelarbeiten ist wenig genug vorhanden. Im Rahmen der Notarbeit 157: „Wirtschaftsforschung im Lahntal“ entstand an der Universität Gießen die Arbeit von *J. E. Vogelsanger*: „Die Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet der Lahn“ (Gießen 1936), die vor allem eine Statistik der ausgenutzten Wasserkräfte enthält. Eine sich in Beschreibung der Wasserscheiden, von Talquerprofilen und der Berechnung morphometrischer Angaben erschöpfende Arbeit stellt die Gießener Dissertation von *F. Loos*: „Zur Hydrographie des Westerwaldes“ (Gießen 1904) dar. Über die Abflußmengen und Abflußverhältnisse liegen bis auf die wenigen Angaben im Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reiches 1937 bis 1939 gar keine Veröffentlichungen vor, da meist das Beobachtungsmaterial fehlt oder unbrauchbar ist. Dagegen sind zusammenfassende und spezielle Darstellungen vorhanden, die näher oder ferner benachbarte Flußgebiete behandeln, wie die von Main, Nahe, Sieg und Ruhr sowie das Eder- und Wesergebiet. Es wird dies dadurch verständlich, daß in diesen Gebieten in den vergangenen Jahrzehnten wasserwirtschaftliche Maßnahmen geplant oder ausgeführt wurden, die der Wasserversorgung der Bevölkerung und Industrie oder der Wasserstandsregelung der schiffbaren Ströme dienen und dabei noch die Wasserkraft ausnutzen. An Plänen hat

es im Lahngebiet noch nie gefehlt, doch sie betrafen immer nur einzelne Teile des Flusses. Die Lahnschifffahrt hat heute an Bedeutung stark verloren und die Industrietätigkeit ist gering. Eine wirkliche „Wasserwirtschaft“ wird diesen beiden oft voneinander abhängigen Wirtschaftszweigen gute Dienste leisten können. Trotz der alten Pläne, die auch einen wirksamen Hochwasserschutz erreichen wollten, ist für die Beschaffung gewässerkundlicher Unterlagen, die die wichtigste Voraussetzung für deren erfolgreiche Verwirklichung sind, wenig geschehen, sodaß noch heute das Lahngebiet hydrographisches Neuland ist.

Die Durchführung der Untersuchung war mir nur dadurch wirtschaftlich möglich, daß mir der Auftrag der Unterlagenbeschaffung für das ehemalige Vorarbeitenamt beim Wasserwirtschaftsamt in Dillenburg gegeben wurde. Die wichtigsten Anregungen verdanke ich Herrn Reg.-Baurat a. D. Dipl.-Ing. *H. Schmidt*, dem Leiter des Vorarbeitenamtes, wo ich die wichtigsten Grundlagen erarbeiten und die Arbeitsweise des Technikers kennenlernen konnte.

Für ihre wertvolle Unterstützung danke ich ferner den Herren Dr. *W. Friedrich*, Bielefeld, Prof. Dr. *R. Geiger*, München, Dr. *W. Kreutz*, Gießen, Forstmeister Dr. *A. Wagenhoff*, Hann.-Münden sowie dem Archiv und der Bibliothek des Zentralamtes des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, Bad Kissingen. Vor allem aber bin ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. *H. Schmitthenner*, für seine große Anteilnahme an meiner Tätigkeit herzlich dankbar.

Die Arbeit ist als Dissertation im Juli 1950 von der Philosophischen Fakultät der Universität Marburg angenommen worden. Ihr Druck und die Beigabe des notwendigen Karten- und Tabellenmaterials wurde möglich durch die Förderung der Buderuswerke in Wetzlar, des Elektrozweckverbandes in Kassel, des Fulda-Lahn-Kanalvereins, des Ministers für Arbeit, Landwirtschaft und Wirtschaft des Landes Hessen, der Wasserstraßenverwaltung Rheinland-Pfalz in Koblenz und der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Bielefeld, denen ich hier meinen Dank aussprechen möchte.



Abb. 1

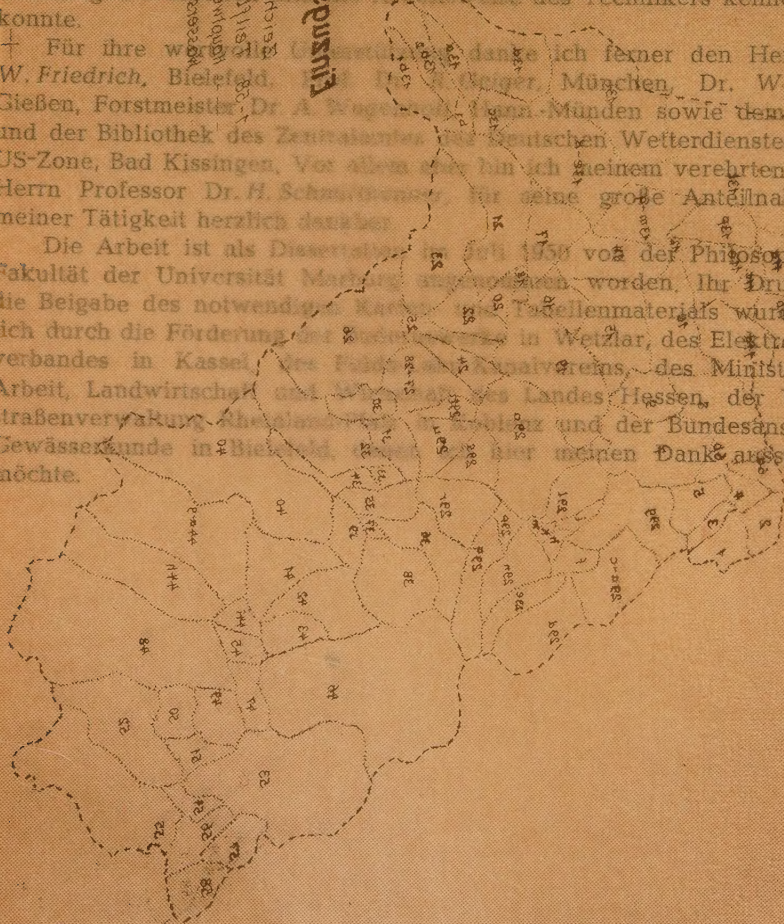
es im Lahngebiet noch nie gefehlt, doch sie betrafen immer nur einzelne Teile des Flusses. Die Lahnschiffahrt hat heute an Bedeutung stark verloren und die Industrietätigkeit ist gering. Eine wirkliche „Wasserwirtschaft“ wird diesen beiden oft voneinander abhängigen Wirtschaftszweigen gute Dienste leisten können. Trotz der allen Plänen nach einen wirksamen Hochwasserschutz erreichen, ist die Beschaffung gewässerkundlicher Unterlagen, die Grundlage für deren erfolgreiche Verwirklichung sind, noch heute das Lahngebiet ein topographisches Nulldarstellung ist.

Die Durchführung der Untersuchung war mir nur dadurch wirtschaftlich möglich, daß mir der Leiter der Untersuchungsbeschaffung für das ehemalige Vorarbeitenamt in Kassel, Herr Dr. H. Schmidt, dem ich die wichtigsten Grundlagen erarbeitete, die Arbeit des Technikers kennen lernen konnte.

Für ihre wertvolle Unterstützung danke ich ferner den Herren Dr. W. Friedrich, Bielefeld, Dr. H. W. Kreutz, Gießen, Forstmeister Dr. A. Ruge, Münden sowie dem Archiv und der Bibliothek des Zentralamtes des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, Bad Kissingen. Vor allem aber bin ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Schmidt, für seine große Anteilnahme an meiner Tätigkeit herzlich dankbar.

Die Arbeit ist als Dissertation am 1. Juli 1950 von der Philosophischen Fakultät der Universität Marburg angenommen worden. Ihr Druck und die Beigabe des notwendigen Karten- und Tabellenmaterials wurde möglich durch die Förderung der Kasseler Elektro- und Fernstudienvereins, des Ministers für Arbeit, Landwirtschaft und Ernährung des Landes Hessen, der Wasserstraßenverwaltung Rheingebiet, der Polizei und der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Bielefeld. Für meinen Dankes sprechen möchte.

Einzelstudien der Lahn

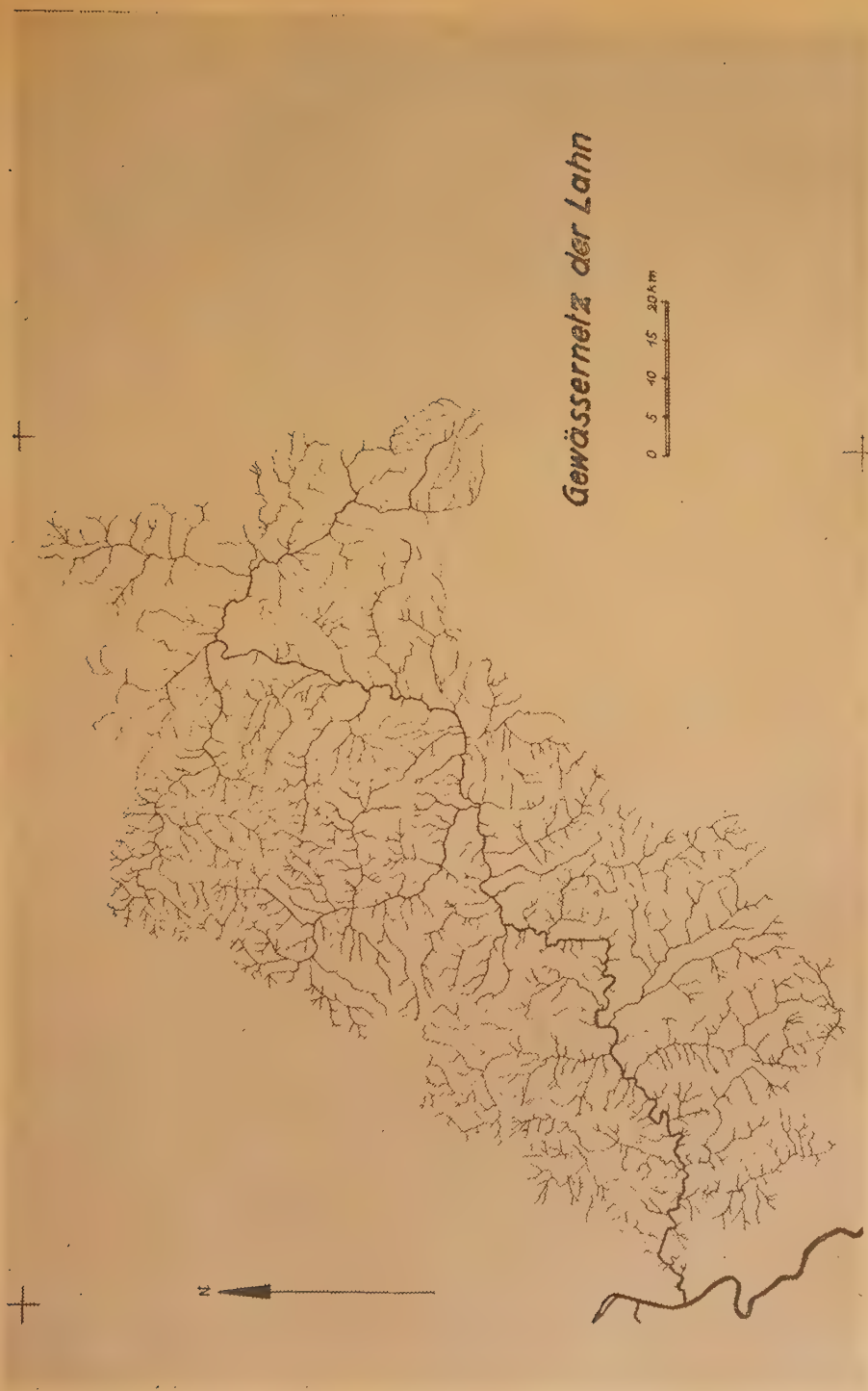


Gewässernetz der Lahn

0 5 10 15 20 km

N

Abb. 1



B. Zur Hydrographie des Lahnggebietes

Die hydrographischen Verhältnisse eines Flußgebietes stehen in engem Zusammenhang mit den geographischen Faktoren, die die Landschaften in der Art ihrer Ausbildung und ihrem Wert für den Menschen bestimmen. Die Gewässer führen kein Eigenleben, das Wasser ist „das Blut der Landschaft“ (Tüxen). Sie sind im natürlichen Zustand der Ausdruck der geographischen Eigenart ihres Einzugsgebietes und des natürlichen Geschehens in der Atmosphäre, auf dem Boden und seiner Bedeckung und im Untergrund. Hettner stellte der geographischen Gewässerkunde ihre Aufgabe mit folgenden Worten: „Sie muß die Schranken sprengen, die von der naturwissenschaftlichen Betrachtung zwischen den verschiedenen Formen des Wassers errichtet worden sind. Denn diese sind in der Wirklichkeit eng verbunden, gehen ineinander über, ersetzen einander (Hettner 1927, S. 138). Dieser Forderung kann hier leider nicht ganz entsprochen werden, da gerade für eine Darstellung der so wichtigen Beziehungen des Abflußvorganges und noch mehr des Wasserhaushaltes zum unterirdischen Wasser die notwendigen Unterlagen fehlen.

Aufbau, Gliederung und klimatische Charakterisierung des Lahnggebietes sollen die Darstellung der Abflußverhältnisse in Abhängigkeit von den geographischen Bedingungen einleiten.

I. Überblick über das Einzugsgebiet der Lahn und ihrer Zuflüsse

1. Lage und Grenzen

Das Bild des Einzugsgebietes der Lahn ist bestimmt durch die Lage des Gewässernetzes in einer nach Südwesten offenen Mulde des Rheinischen Schiefergebirges mit variskischer SW—NO-Richtung (Abb. 1 u. 2). Der erhöhte Muldenrand, von dem her die Lahn ihre Zuflüsse erhält, wird gebildet von Westerwald und Rothaargebirge im NW, von Burgwald und Kellerwald im Norden und von Vogelsberg und Taunus im SO. Jenseits des Rheins setzt sich die Mulde fort; dort fließt die untere Mosel in der gleichen Richtung zwischen Eifel im NW und Hunsrück im SO. Das Einzugsgebiet der Lahn ist mit einem Flächeninhalt von 5946,5 km² das größte Flußgebiet des rechtsrheinischen Schiefergebirges und hat wegen seiner Muldenlage annähernd die Form eines Rechtecks, ein Tatbestand, der für den Hochwasserabfluß von günstiger Wirkung ist (vgl. S. 73).

Die Gebirge, über welche die Hauptwasserscheide führt, bilden einen fast ganz geschlossenen Rahmen um das Flußgebiet der Lahn. Unterbrochen ist dieser nur an zwei Stellen: dort, wo die Wasserscheide nördlich und südwestlich des Vogelsberges die Niederungen der Westhessischen Senke quert und im Landschaftsbild kaum in Erscheinung tritt. Es sind die für den Durchgang der Verkehrslinien wichtigen Pforten der Ohm-Schwalm-

Wasserscheide im Sattel von Allendorf-Neustadt und die noch weniger deutliche Wasserscheide zwischen Gießener Becken und Wetterau. Hier am Rande des Vogelsberges vermitteln Wiesenwässerchen sogar einen Übergang vom Lahn- ins Maingebiet. Als Beispiel für die Verwachsung zweier Flußnetze führt Maull in seiner Geomorphologie diesen Fall an (vgl. Maull 1938, S. 126).

Trotz der schon im Kartenbild auffallenden äußerlichen Geschlossenheit des Lahngebietes kann dieses nicht als geographisch-landeskundliche Einheit aufgefaßt werden; zeigen doch Höhengliederung, Boden, Klima und Pflanzenbedeckung große Unterschiede. Hier sollen jedoch vom hydrographischen Gesichtspunkt aus die oft gegensätzlichen und auseinanderstrebenden Teile zusammen gesehen werden, da sie nur so untersucht werden können. Vom fließenden Wasser her gesehen bildet ein Gesamtflußgebiet wie ein lebender Organismus immer eine Einheit.

2. Höhenverhältnisse

Das ins Auge fallende Erscheinungsbild der Landschaften ist hauptsächlich durch die Höhenverhältnisse geprägt. Nicht immer deutlich erkennbar, doch in diesem Zusammenhang wichtiger, sind deren mittelbare und unmittelbare Wirkungen auf andere geographische Faktoren. So ändern sich die Klimaelemente Temperatur und Niederschlag mit der Höhenlage. Klima und Boden in ihrer Verknüpfung sind Ursache des wechselnden Vegetationsbildes. Mittelbar wirken die Höhenverhältnisse, dadurch daß sie die Höhe der Temperatur und vor allem des Niederschlages bestimmen, auf die Abflußmengen der Gewässer und unmittelbar im Wechsel von Ursache und Wirkung durch das Gefälle auf den Abflußvorgang ein. Je größer nämlich die Hangneigung ist, um so größer ist die Abflußgeschwindigkeit, um so größer die Erosionskraft, um so tiefer schneidet also der Fluß ein und erhöht das Gefälle des Oberlaufes.

Die mittlere Höhenlage des Einzugsgebietes der Lahn beträgt 315 m über NN*).

Tabelle 1

Anteil der Höhenstufen am Lahngebiet in Prozenten.

Stufe m über NN	Flächenanteil in %
bis 100	0,3
100—200	11,3
200—300	38,1
300—400	31,5
400—500	13,0
500—600	5,3
über 600	0,5

Wie die vorstehende Tabelle zeigt, nehmen die Höhenlagen zwischen 200 und 400 m, das Hügelland, etwa 70 % des Gesamtgebietes ein. Über 400 m liegen 19 % und unter 200 m nur 11 % der Gesamtfläche des Lahngebietes.

* Dieser und die Werte der Tabelle 1 wurden durch Auswiegen der ausgeschnittenen Flächen zwischen den 100 m-Isotypsen einer Höhengliedertafel 1 : 200 000 gewonnen.

Die höchsten Erhebungen des Lahngebietes, über die die Wasserscheide führt, liegen im Rheinischen Schiefergebirge. Oberhalb der Quellen des Ilsebaches, des ersten rechten Zuflusses der jungen Lahn, liegt der Gipfel einer Kuppe in 694 m Höhe; der benachbarte Ebschloh erreicht 684 m über NN. Von geringerer Bedeutung für das Gesamtbild des Lahngebietes ist die Tatsache, daß die Wasserscheide im Taunus auf dem Großen Feldberg bis auf 880 m Höhe steigt. Die Hochfläche im Gebiet der Hauptwasserscheiden zwischen Lahn, Sieg und Eder ist noch kaum zertalt. Im Charakter entspricht sie noch der Oberfläche des alten Gebirgsumpfes. Um sich einen Überblick über die vorherrschenden Höhenverhältnisse zu verschaffen, kann man sich diese unzertaltete Hochfläche fortgesetzt denken über die Kuppen und Rücken des heutigen unruhigen Reliefs nach Süden zur Lahn hin in die Muldentiefe und weiter zur südöstlichen Begrenzung des Lahngebietes im Taunus und Vogelsberg. Von der Ederkopffläche senkt sich die zum heutigen Relief entwickelte Fläche langsam nach Süden und Südosten in die Talniederungen von mittlerer Lahn und Wetschaft in rund 250 m Höhe. Nach SW, zum Westerwald hin, behält die Hochfläche, die die Einzugsgebiete von Sieg und Dill scheidet, ihre Höhenlage um 600 m bei. Stark eingeeengt durch die kräftige Erosion im Quellgebiet dieser beiden Flüsse verbindet nur ein schmaler, geradliniger Rücken, die Haincher Höhe, Rothaargebirge und Westerwald.

Die Basaltbuckel auf der ausgedehnten Hochfläche des Hohen Westerwaldes erreichen noch einmal Höhen über 600 m, wie in den Fuchskauten (657 m) und im Salzburger Kopf (653 m). Um so steiler folgt nach Süden der Abfall vom Westerwald ins Limburger Becken und nach Osten zur Dill bis auf etwa 200 m.

In die das untere Lahntal begleitenden Hochflächen im 300-m-Niveau ist der Fluß etwa 200 m tief eingeschnitten. Langsam erhebt sich die gedachte Schiefergebirgsoberfläche aus der Muldentiefe zum südöstlichen Muldenrand. Zwischen Lahntal und Nordfuß der Kammregion des Taunus, welche die geradlinige Begrenzung des Lahngebietes im SO bildet, dehnen sich weite, von den Gewässern tief zerschnittene Hochflächen in der Höhenlage zwischen 300 und 400 m. Dem SW—NO-Verlauf des Taunuskammes folgt die Lahnwasserscheide gegen die Rhein-Main-Ebene von der Hohen Wurzel (614 m) zwischen Bad Schwalbach und Wiesbaden bis zum Großen Feldberg, wo sie mit 880 m die höchste Lage über dem Meeresspiegel erreicht. Auf ihrem Wege am Rande der Wetterau entlang, die die Pforte zum Rheingebiet darstellt, gelangt die Wasserscheide in ihre tiefste Lage. In nur 210 m Höhe über NN führt sie durch einen Wiesengrund 10 km östlich Gießen. Es ist die Stelle des obengenannten Beispiels von der Verbindung zweier Flußnetze (vgl. S. 12).

Im Vogelsberg erreicht die Lahnwasserscheide wieder ein Glied des Gebirgsrahmens. Seine außerhalb des Lahngebietes gelegenen höchsten Erhebungen, der Taufstein mit 772 m und der Hoherodskopf mit 763 m „sind als sanfte Buckel dem unbesiedelten Waldplateau des Oberwaldes aufgesetzt“ (H. Schrepfer 1935, S. 179). An dessen nördlichem Rande liegen in Höhen um 600 m die Quellen der Ohm und ihrer nächsten Zuflüsse, Seenbach und Felda. Langsam und gleichförmig verliert das „rundschildförmige“ Gebirge nach allen Seiten hin an Höhe.

Inmitten des sich nach Norden anschließenden Buntsandstein-

berglandes, über dessen Höhen die Lahnwasserscheide zum nördlichsten Punkte des Gebietes im Kellerwald zieht, liegt die größte Niederung des Lahngebietes neben dem Gießener Becken. Hier im Amöneburger Becken vereinen sich Wohra und Klein mit der Ohm in einer bis 3 km breiten, an feuchten Wiesen reichen Talniederung, die eine Höhenlage zwischen 190 und 200 m besitzt. Der das Becken im Osten gegen das Schwalm/Eder-Gebiet abschließende Sattel von Allendorf — Neustadt senkt sich dort, wo die Bahnlinie Marburg — Kassel ihn überschreitet, bis auf 280 m.

Mit Ausnahme des östlichsten Vorpostens des Rheinischen Schiefergebirges, dem Kellerwald mit Hainaer Gebirge, dem Quellgebiet der Wohra, ist der gesamte NO des Lahngebietes, der von Wohra, Ohm und Wetschaft entwässert wird, ein Teil des Hessischen Buntsandsteinberglandes. Seine Höhenverhältnisse unterscheiden sich von denen des ganzen übrigen Lahngebietes durch die im Landschaftsbild vorherrschende Horizontale, die bedingt ist durch die flachlagernden widerständigen Buntsandsteinschichten. Die Höhenunterschiede zwischen den Flächen, in die sich oft tief die Gewässer eingeschnitten haben, und den sanften Erhebungen sind gering. 407 m erreicht der Tauschenberg im Burgwald. Die mittlere Höhenlage der Buntsandsteinflächen beträgt etwa 350 m.

Die Wasserscheide zwischen Wetschaft und Eder bildet die nördliche Begrenzung des Lahngebietes. Sie führt vom Burgwald nach W bis dicht an die Eder heran und weiter der Schiefergebirgshochfläche zu.

Dieser Überblick über die Höhenverhältnisse macht es möglich, die Einzellandschaften innerhalb der hydrographischen Einheit in zwei Gruppen mit charakteristischen Kennzeichen zu ordnen: Die Höhengebiete stehen den Tälern und Becken gegenüber. Die Höhen zeichnen sich aus durch geringe Jahresmittel-Temperaturen und Regenreichtum, ihre Böden sind oft vom reichlichen Niederschlagswasser ausgewaschen, in den höchsten Lagen herrschen teilweise Fichtenwäldungen vor. Die Täler und Becken haben höhere Jahrestemperaturen, erhalten geringere Niederschläge, ihr meist fruchtbarer Boden ist voll landwirtschaftlich genutzt.

3. Geologischer Bau, Verbreitung und hydrographische Wertung der Gesteine

In einer hydrographischen Untersuchung, die Grundlagen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen bieten soll, steht die Bearbeitung der Abflußverhältnisse im Vordergrund. Ursprung der abfließenden Wassermengen sind die Niederschläge; über die Menge des zum Abfluß kommenden Wassers und den Abflußvorgang entscheiden aber nicht nur Höhen-, Gefälls- und Niederschlagsverhältnisse, sondern auch die Sickerwassermenge. Diese ist vor allem abhängig von der Pflanzendecke, dem Boden, in dem diese wurzelt, und dem festen Gestein (Koehne 1948, S. 112—149). Die Kenntnis der geologischen Verhältnisse ist eine der ersten Voraussetzungen bei wasserwirtschaftlichen Planungen. So können im oberen Lahn- und Ohmgebiet Gutachten der Preußischen Geologischen Landesanstalt und des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung den Talsperrenplanungen zugrunde gelegt werden. In einem kurzen Überblick, der durch eine Kartenskizze ergänzt wurde, sei hier auf die Haupttatsachen hingewiesen.



Abb. 2

Im Lahngebiet lassen sich vier charakteristische Teile klar voneinander unterscheiden. Gesteinsaufbau und tektonisches Geschehen führten dazu, daß jeder dieser Teile auch in seiner morphologischen Gestaltung als Einheit erscheint. Diese vier Teile sind:

1. der variskische Faltenrumpf des Rheinischen Schiefergebirges,
2. die Basaltgebirge Westerwald und Vogelsberg,
3. das Buntsandsteindeckgebirge und
4. die Senken; Amöneburger, Gießener und Limburger Becken.

Das Rheinische Schiefergebirge mit seinen Gliedern: Rothaargebirge, Hessisches Hinterland, Kellerwald und Taunus, hat am Lahngebiet einen Anteil von 63 % und umfaßt eine Fläche von 3750 km² * Vor allem sind es stark gefaltete devonische und kulmische Schichten mit SW—NO-Streichen, die das Gebirgsland aufbauen. Die Gesteine der vorherrschenden Devonformation sind Tonschiefer, Grauwacken und Quarzite. Eingeschaltet sind Diabasdecken und -schlote, die vor allem im Hessischen Hinterland zwischen oberer Lahn und Dill ausgedehnt sind. Die karbonischen Schichten des Kulms bestehen im wesentlichen aus Grauwacken und Tonschiefern. *Koehnes* Charakteristik dieser Gesteine trifft hier zu: „Diese Schichten sind im allgemeinen stark gefaltet, verworfen und überschoben, kurz, ihre Lagerung ist außerordentlich gestört. Die Wasserführung darin ist sehr wechselnd. Grauwackensandsteine enthalten häufig Klüfte, die Wasser führen können, die Schiefer sind häufig so milde, daß keine Klüfte offen bleiben und sie undurchlässig werden“ (*Koehne* 1948 S. 114). Ein klüftiges Gestein mit reicherer Wasserführung ist der Diabas. Devonische Kalksteine, die große Wassermassen durchlassen können und häufig wertvolle Speicherräume darstellen, treten im Lahngebiet nur in unbedeutendem Ausmaß, aber mit deutlicher hydrographischer Wirkung auf. Als Beispiel sei das kleine Massenkalkvorkommen im nordöstlichen Westerwald (vgl. geol. Spezialkarte Blatt Herborn) genannt mit der starken Quelle des Erdbaches an seinem Ostrande, dessen Wasser über den Amdorf-Bach zur Dill fließt.

Im Westerwald bedecken tertiäre Gesteine die hier stark gestörte Rumpfscholle des Schiefergebirges. Ausgezeichnet ist er durch seine ausgedehnten Basaltergüsse. Seine Senken sind oft von Braunkohlenablagerungen erfüllt. Über den tafelförmigen Basaltdecken erheben sich einzelne Kegelberge, Stiele von Basaltdurchbrüchen.

Der Vogelsberg hat fast den gleichen Anteil an der Gesamtfläche des Lahngebietes mit 10 % wie der Westerwald mit 9,5 %. Doch es sind nur $\frac{3}{10}$ des sich über etwa 2000 km² erstreckenden Basaltgebietes, die im Vogelsberg ihre Gewässer zur Lahn senden. Mit der großen Flächenausdehnung seiner Basaltdecken stellt der Vogelsberg das größte Basaltgebirge Europas dar. Inmitten der Hessischen Senke, der Fortsetzung des Oberrheingrabens, liegt der Basalt einer gehobenen Buntsandsteinscholle auf. Schildförmig ist diese überdeckt von tertiären Alkalibasalt-, Trapp- und Tuffdecken und -strömen. Noch weit im Vorland erheben sich von ihm ausstrahlend einzelne Basaltkuppen. Beispiele sind Gleiberg und

* Der Westerwald wird hier wegen seiner von den anderen Gebirgsgliedern abweichenden geologischen und morphologischen Verhältnisse abgesondert.

Vetzberg bei Gießen, Frauenberg und Stempel auf den Lahnbergen bei Marburg; und schließlich sei die Amöneburg bei Kirchhain genannt, die dem sie umgebenden weiten Becken den Namen gab.

Der tertiäre Basalt hat nicht nur die gleiche Zusammensetzung wie der devonische Diabas, er ist auch wie dieser infolge der meist starken Zerklüftung (Absonderungsklüftung durch Abkühlungsvorgänge) geneigt, Niederschläge aufzuspeichern. Wenn jedoch eine lehmig-tonige Basaltverwitterungsdecke genügend ausgebildet ist, wie besonders im Westerwald, dann überwiegt deren wasserabweisende Eigenschaft (vgl. Flußdichte S. 105).

Dem Schiefergebirgsrumpf liegt im NO-Teil des Lahngebietes das **Buntsandsteindeckgebirge** auf. Mit einer westlich Marburg vom unteren (su) und am Burgwald vom mittleren (sm2) Buntsandstein gebildeten Stufe überragt es das sich am Ostrand des Schiefergebirges hinziehende schmale Zechsteinband. In den langgestreckten, oft mit Sargdeckeln verglichenen Rücken des Marburger Berglandes setzt es sich nach Osten fort. An der oberrheinisch SSW—NNO streichenden Bruchlinie der Hessischen Senke bricht das Buntsandsteinland ab zum Amöneburger Becken. Brüche und Verwerfungen haben besonders um Marburg zu einer Auflösung in einzelne Schollen geführt. Weniger gestört ist der sich nördlich anschließende Burgwald, ein wegen der Nährstoffarmut des vorherrschenden mittleren Buntsandsteins dünn besiedeltes, ausgedehntes Waldgebiet. 15 % beträgt der Anteil des Buntsandsteins der sog. Frankenberger Triasbucht am Lahngebiet.

Im Buntsandstein werden die Abteilungen des unteren, wasserundurchlässigeren und wenig widerständigen, des mittleren durchlässigen und widerständigen (Stufenbildner) und des tonigen oberen Buntsandsteins (Röt) unterschieden. Da der mittlere Buntsandstein vorherrscht, kann dieser Bereich des Lahngebietes als stark durchlässig und wasseraufnahmefähig bezeichnet werden (vgl. Flußdichte S. 105).

Das **Amöneburger Becken**, der Ebsdorfer Grund und das **Gießener Becken** sind als Teile der Westhessischen Senke Ablagerungsräume. Sande, Kiese, Tone und Flußschotter überlagern die Gesteine in der Tiefe. Aus den Abtragungsgebieten mit vorherrschender Hebung, dem Schiefergebirge, dem Buntsandsteinland und dem Vogelsberg stammen diese jungen Sedimente. Das Amöneburger Becken ist auch heute noch Ablagerungsraum und Senkungsgebiet, wie die hydrographischen Verhältnisse deutlich zeigen, die reiche Verzweigung der Gewässer in der Talniederung bei Kirchhain und die Schwebfrachtablagerung bei einem weite Flächen erfüllenden Hochwasser. Das **Limburger Becken** wie das lahnauwärts liegende kleine Löhnberger sind junge tektonische Bildungen am Südfuß des Westerwaldes. Bis in Höhenlagen zwischen 175 und 200 m sind sie mit jungen Sedimenten erfüllt, in die sich die Gewässer wieder eingeschnitten haben.

Die tertiären, diluvialen und alluvialen Kiese und Sande spielen eine nicht geringe Rolle als Grundwasserträger, eine Tatsache, die für Zwecke der Wasserversorgung noch stärkere Beachtung verdient. Diluvium und Alluvium haben als wasseraufnehmende Schichten meist nur für Oberflächenwässer Bedeutung (Johannsen 1945). Ihre tonigen Ablagerungen

sind Ursache der noch nicht genügend bekämpften Versumpfung im Amöneburger Becken.

Das geologische Bild des Lahngebietes ist also recht wechselnd und die Formenwelt deshalb vielgestaltig. Der Charakter des Schiefergebirges, der in den nordwestlich angrenzenden Flußgebieten der Sieg und Eder herrscht, wird hier abgelöst durch den andersartigen geologisch-morphologischen Typ des Buntsandsteindeckgebirges und der tertiär-vulkanischen Bildungen. Besonders die Eruptivgesteine bringen mit ihren Kuppenbergen einen belebenden Zug ins Landschaftsbild hinein, was noch stärker der Fall ist in der Kasseler Senke und in der Rhön. Die höchsten Teile von Westerwald und Vogelsberg ähneln demgegenüber im Landschaftscharakter trotz der anderen Entstehung mehr dem Hochflächentypus des Rheinischen Schiefergebirges.

4. Ausbildung und Entstehung des Gewässernetzes

Geologische, d. h. petrographische und tektonische Gegebenheiten und Vorgänge sind ebenso wie die klimatischen Verhältnisse Ursachen der Gestalt des Gewässernetzes im Lahngebiet (Abb. 1), über die ein Überblick folgt als Grundlage für die Darstellung der Abflußverhältnisse. Die Tal-längsschnitte von Lahn und Ohm sowie die Größe der verschiedenen Einzugsgebiete sind in Abb. 3 dargestellt.

Das Einzugsgebiet der Lahn hat eine fast symmetrische Form. Im Oberlauf bis 80 km breit ausladend, mit der oberen Lahn nach NW, mit der Ohm nach SO und mit Wohra und Wetschaft nach Norden, nähern sich im Mittellauf die Wasserscheiden bis auf etwa 50 km und behalten diesen Abstand bis kurz vor der Mündung bei. Das Gebiet rechts der Lahn, das dem Schiefergebirge zugewandt ist, ist größer als das links gelegene. Symmetrisch ist also nur die äußere Gestalt, nicht das Flußnetz selbst. Die Lahn ist gegen die SO-Begrenzung ihres Gebietes gedrängt und kommt bei Gießen bis auf 6 km an die Wasserscheide zur Wetterau heran. Wie die übrigen größeren Gewässer des Schiefergebirgsanteils, z. B. Salzböde und Dill, folgt die obere Lahn der Abdachungsrichtung des Gebirges nach SO. Nach Aufnahme der Wetschaft, deren Gebiet Anteil an Schiefergebirge und Buntsandsteinland hat, wechselt sie die Richtung. In einer großen Schleife mit mehrfachem Richtungswechsel biegt sie rechtwinklig nach Süden um. Hier mündet aus entgegengesetzter Richtung die aus dem nördlichen Vogelsberg kommende Ohm, die auf dem Wege durch das Amöneburger Becken die Wohra aufgenommen hat. Der Mittellauf der Lahn folgt nun der schon von Wetschaft und Wohra eingeschlagenen N—S-Richtung. Diese ist vorgezeichnet durch die wichtigsten westlichen Randbrüche der Hessischen Senke, die sich über das Gießener Becken hinaus über die Wetterau zum Oberrheintal fortsetzt. Bei Gießen verläßt die Lahn scheinbar widersinnig diesen Weg, sie wendet sich gegen W und SW. Im Unterlaufe erzwingt sie den Durchbruch zum Rhein in engem, windungsreichem und steilwandigem Tal. Hochgelegene zahlreiche Terrassen begleiten den Lauf und zeugen von seiner Geschichte. Nur selten weitet sich das Tal, am stärksten in den tektonischen Becken von Löhnberg und Limburg. Zwischen Weilburg und Runkel und zwischen Diez und Laurenburg ist das Lahntal so eng, daß die Hauptstraßenverbindung

Lahn und Ohm

Tallängsschnitte und Entwicklung der Einzugsgebiete

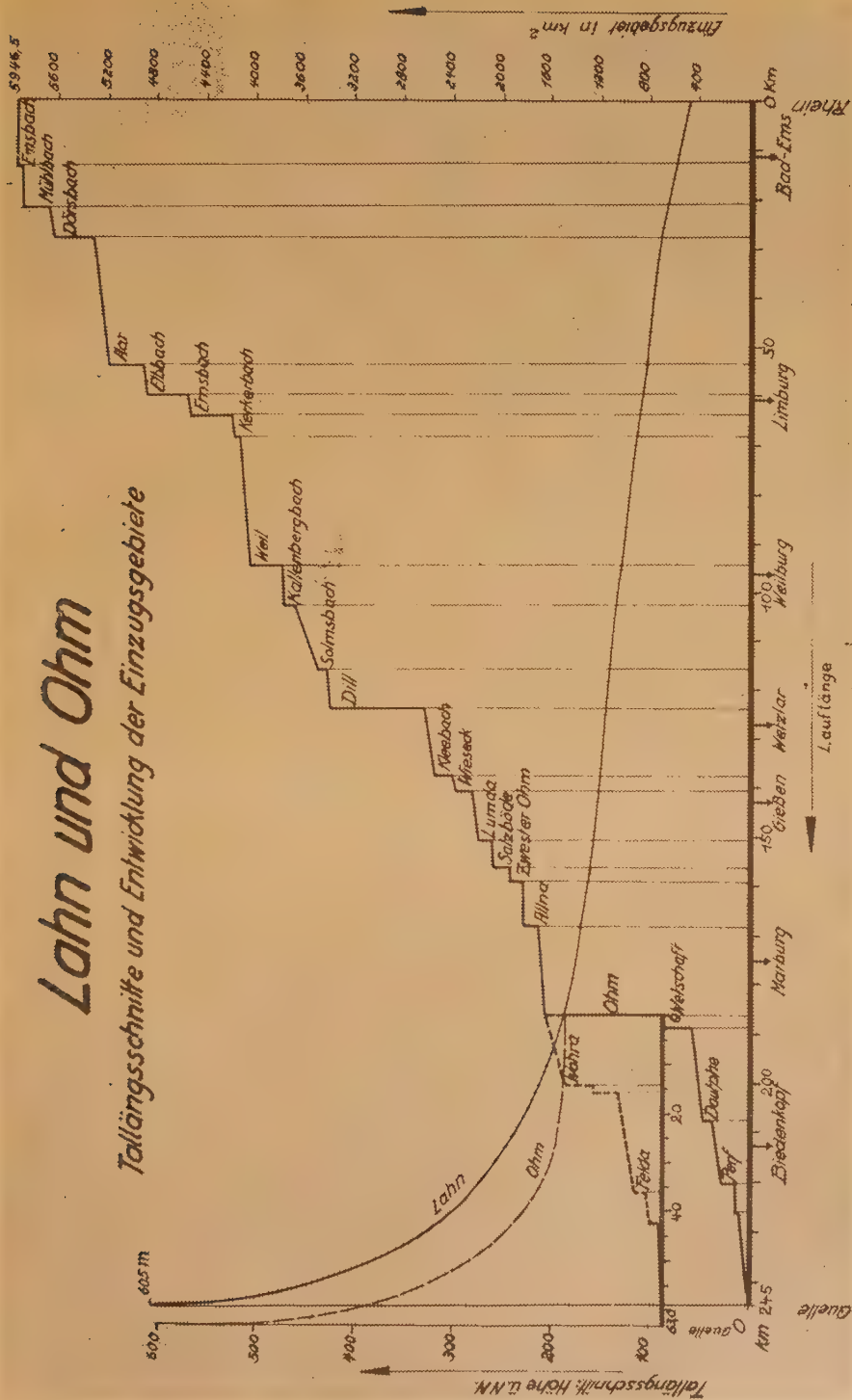


Abb. 3

auf die Hochfläche gelegt werden mußte. Die Eisenbahnlinie wurde durch viele Tunnel geführt, um die scharfen Windungen abzuschneiden.

Der Hauptfluß selbst wechselt also mit der Richtung mehrfach seinen Charakter. Im ostwärts gerichteten Oberlauf ist er Abdachungsfluß am Ostabfall des Schiefergebirges; sein Mittellauf ist Randfluß am Ostrand des Gebirges und sein unterer Laufabschnitt hat den Charakter eines typischen Durchbruchflusses.

Von den durch die untere Lahn getrennten Höhen des Westerwaldes und des Taunus erhält diese in fast regelmäßiger Anordnung viele kleinere Zuflüsse aus Norden und Süden. Weil, Ems und Aar im nördlichen Taunusvorland zeigen auf einigen Strecken ihres Laufes die beiden tektonischen Hauptrichtungen des Taunus, die variskische SW—NO-Richtung und die dazu senkrechte. Die Streichrichtung des alten Gebirges bestimmte den Lauf vieler Nebenflüsse 1. und 2. Ordnung. Beispiele sind im Gebiet der oberen Lahn Banfe, Diete und Dautphe, im Gebiet der Dill Gansbach und Dietzhölze.

Im Buntsandsteingebiet folgen wie die mittlere Lahn, Wetschaft und Wohra auch deren Nebenflüsse meist deutlich den durch Verwerfungs- und Kluftsysteme vorgezeichneten Richtungen, N—S und W—O. Ursache der Talbildung können die auf den Spalten empordringenden Quellwässer sein (Johannsen 1945).

Auffallend ist auf jeder topographischen Karte das beispielhafte Bild der radiären Entwässerung des Vogelsbergmassivs. Randliche Störungen hatten jedoch Abänderungen des geradlinigen Verlaufs der Täler zur Folge. So biegt der Seenbach bei Freienseen aus seiner westlichen Richtung in die NW-Richtung zur Ohm hin um, an seiner linken Seite dicht begleitet von der Wasserscheide gegen die dem Main zufließenden Bäche Nidda und Wetter.

Es ist heute nachgewiesen, daß dieses Bild des Gewässernetzes nur ein augenblickliches ist, daß es im Lauf der Erdgeschichte dauerndem Wechsel unterworfen war. Es bestehen noch verschiedene sich teilweise widersprechende Ansichten über die Flußgeschichte der Lahn, die von Blume (1948, S.157—158) zusammengefaßt wurden. Nach Terrassenvorkommen ist festgestellt worden, daß schon im Unterpliozän die obere Lahn über Cölbe hinaus nach Osten floß. Im Amöneburger Becken bog sie im Oberpliozän nach Süden um und floß durch den Ebsdorfer Grund im Tal der heutigen Zwester Ohm. Im vorhergehenden Unterpliozän war das Bild jedoch ein anderes: Der Lahnlauf setzte sich weiter nach NO hin fort über den Sattel von Allendorf — Neustadt, die heutige Ohm—Schwalm-Wasserscheide. Im Amöneburger Becken vereinte sich die obere Lahn mit der von SW aus der Gegend von Weilburg kommenden mittleren Lahn, die also entgegengesetzte Richtung hatte, der damaligen Abdachungsrichtung entsprechend. Das Lahntal im Buntsandstein zwischen Cölbe und Bellnhausen, an der Einmündung der Zwester Ohm, ist erst im Diluvium angelegt, es fehlen die an der oberen Lahn deutlichen tertiären Terrassen.

5. Klimatisch-hydrographische Gliederung und Kennzeichnung

Der Abfluß ist im humiden Klimabereich das Zwischenglied, das Land und Meer verbindet innerhalb des großen Kreislaufes des Wassers auf der Erde. Alle anderen Glieder, die Wetterereignisse, sind im Einzelnen Vorgänge meteorologischer Art. Ihr grundsätzliches Verhalten ist Bestandteil des Klimas, das damit den Abfluß in seiner Größe und seinem Gang durch Jahreszeiten und Jahre bestimmt. Diese enge Abhängigkeit ist Anlaß dazu geworden, die Klimazonen der Erde nach ihren hydrographischen Verhältnissen zu unterscheiden. Wir kennen aride, humide und nivale Klimate, da sich die klimatischen Eigentümlichkeiten klarer als in Formen, Vegetation und Fauna in ihren Gewässern ausprägen. Niederschläge spenden das Wasser; Temperatur und Wind, mit dem Niederschlag eng verknüpfte Elemente, entscheiden über die Menge des zum Abfluß kommenden Wassers. Das geschieht auf dem Umwege über Boden und Pflanzendecke, durch Regelung der Verdunstung des Landes und der freien Wasserfläche, sie bestimmen den Wasserhaushalt.

Wie der Wasserhaushalt einer Landschaft, ja eines einzelnen Hanges, die Grundtatsachen des Groß- bzw. Kleinklimas aufzeigt, die dort herrschen, so sind umgekehrt die Klimafaktoren infolge ihrer günstigeren Meßbedingungen geeignet als Grundlage zur Klärung der hydrographischen Vorgänge. Oft ist eingehende Kenntnis der Niederschlagsverhältnisse wegen fehlerhafter Abflußmessungen, wie im oberen Lahn- und Ohmgebiet, die einzige Möglichkeit, einen annähernd richtigen Anhalt für die Abflußgrößen zu erhalten und fehlerhafte Abflußmessungen zu berichtigen.

Wegen der besonderen und praktisch wichtigen Erfordernisse der Gewässerkunde und der Wasserwirtschaft (Wasserversorgung, Be- und Entwässerung, Hochwasserschutz, Kraftgewinnung) hat sich in den letzten Jahren ein besonderes Grenzgebiet zwischen Meteorologie und Hydrologie bzw. Hydrographie entwickelt, die Hydrometeorologie (*Reichel* 1948, S. 493 bis 500). Sie sieht ihr Hauptproblem im Wasserhaushalt auf der festen Erdoberfläche und gründet sich auf die Beobachtungsmethoden und die Ergebnisse beider Wissenszweige.

a) Atlantische und kontinentale Einflüsse

Der Klimacharakter des Lahngebietes ist im Großen, schon durch seine Lage in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel im Gebiet der vorherrschenden Westwinde zwischen dem maritim beeinflussten atlantischen Westeuropa und dem kontinentalen Binnenland gekennzeichnet. Geographische Breite und Lage zu den großen Wasser- und Landflächen sind die wichtigsten Klimafaktoren. Eine weitere Charakterisierung bedarf der Betrachtung anderer klimatisch wirksamer Beziehungen, wie der Lage zu den Gebirgen und der Höhenverhältnisse.

Ozeanische und kontinentale Einflüsse machen sich im Gebiet der deutschen Mittelgebirgsschwelle, der das Lahngebiet angehört, geltend und wirken einander entgegen, überlagern sich örtlich und lösen sich zeitlich im Wechsel der Wetterlagen ab. *Weimann* hat in seiner Klimakarte (1947 S. 5) eine Übersicht über die klimatische Gliederung des unteren Rheingebietes gegeben unter Anwendung der von *Werth* u. a. gelieferten Grundlagen. Der Rheinische Klimabezirk reicht im unteren Lahntal etwa

bis Weilburg. Es ist das Gebiet des alten Lahnweinbaus und der Raum, in dem inselhaft noch wenige atlantische Pflanzenarten auftreten. Der Bezirk ist ausgezeichnet durch eine relative Wintermilde bei ständig feuchter Luft gegenüber dem Bezirk des Berg- und Hügellandes, dem das übrige Lahngebiet angehört, und wo die Wintertemperaturen tiefer liegen, wie folgende Mittelwerte des Dezember* zeigen:

Tabelle 2

Station	Höhe m über NN	Relative Feuchte in %	Temperatur °C
Oberlahnstein	70	83	2,9
Gießen	159	90	1,4
Marburg	230	90	0,5
Feldberg	880	90	—2,0

Während die Täler mild und feucht sind, sind die Höhen feucht und kalt.

Die Unterschiede in der Bewölkung und der Anzahl der trüben Tage sind gering, die Höhen haben die größten Werte (vgl. Klimaatlas von Hessen Blätter 28—30). Die Dezemberkarte der relativen Feuchtigkeit von Hellmann (vgl. Klimaatlas von Deutschland Karte 33) zeigt Maxima im Taunus und im Lahnquellgebiet, die des Mai für 14 Uhr größere Feuchtigkeit oberhalb etwa 450 m Höhenlage (vgl. Klimaatlas von Hessen Blatt 27).

„Die Abgrenzungslinie zum binnenländischen Klimaraum mit harten Wintern bildet die Grenzlinie zwischen den mittleren Januartemperaturen von -1° bis über $+1^{\circ}$ auf der atlantischen und von -1° bis -4° auf der kontinentalen Seite“ (aus Weimann nach Brockhaus). Diese Linie quert das Lahntal dort, wo sich zwei Gebiete mit auffälligen Unterschieden in den Verhältnissen der Vegetation und des Frühlingsanfangs berühren, bei Gießen zwischen mittlerem Lahnlauf auf der kontinentalen und unteren Lahn mit Wetterau auf der atlantischen Seite (vgl. Weimann Abb. 3).

Die größere Kontinentalität der Becken und Täler im Lahngebiet gegenüber dem atlantischeren Rheintal und den atlantisch beeinflussten Höhen zeigen die mittleren Jahresminima der Temperatur*.

Tabelle 3

Talstationen	mittl. Minimum des Jahres	Höhenstationen	mittl. Minimum des Jahres
Oberlahnstein	—12,9 °C	Feldberg/Taunus	—14,7 °C
Weilburg	—16,6	Altastenberg	—15,0
Gießen	—16,3	Neukirch-Salzburg	—14,8
Marburg	—16,0	(Hoher Westerwald)	

Tabelle 4

Die frostfreie Zeit beträgt in:

Oberlahnstein	194 Tage	Feldberg/Taunus	158 Tage
Weilburg	165 "	Altastenberg	154 "
Gießen	173 "	Neukirch-Salzburg	160 "
Marburg	168 "	(vgl. auch Klima-Atlas von Hessen Blatt 26)	

* Diese und folgende Klimadaten sind dem Band II der Klimakunde des Deutschen Reiches entnommen.

Die Temperaturunterschiede bei Frostwetterlagen sind für den HW.-Abfluß von großer Bedeutung, da sie die Frosttiefe in den Böden bestimmen neben anderen Faktoren, sodaß Hochwasserregen nach Frostwetterlagen in verschiedenem Maße zum Abfluß kommen können (vgl. S. 110 ff.).

Die tiefsten Wintertemperaturen treten bei Ansammlung von Kaltluft in den Tälern auf. Die Tatsache, daß gerade in den Tälern durch Frühfröste die empfindlichen Kulturpflanzen erfrieren, ist ein Beispiel hierfür und ließ sich im Herbst 1948 um Marburg gut beobachten, wo auf diese Weise die obere Begrenzung eines solchen Kaltluftsees kartiert werden konnte.

Doch in den Tälern werden auch die höchsten Sommertemperaturen gemessen. In der folgenden Tabelle ist für einige Tal- und Höhenstationen die mittlere Zahl der Sommertage (mit Temp. Maximum mindestens 25° C) und die Zahl der heißen Tage (über 30° C) gegeben worden. Es zeigt sich der sommerwarme Charakter des unteren Lahntales gegenüber den kühlen Höhen (vgl. auch die Inselstation Borkum).

Tabelle 5

Mittlere Zahl der Sommertage und heißen Tage im Jahr

Station	Höhe über NN	Sommertage	Heiße Tage
Oberlahnstein	70 m	45,6	9,4
Weilburg	225	31,7	4,9
Gießen	159	26,8	4,2
Marburg	230	22,8	2,5
Gr. Feldberg	880	3,4	0,1
Neukirch-Salzburg	612	6,7	0,1
Altastenberg	848	7,4	0,3
Borkum	10	6,0	0,3

Die weit verstreuten Meteorologischen Stationen 2. und 3. Ordnung liefern nur wenig Angaben, um die Temperaturverhältnisse eingehender charakterisieren zu können. Bekanntlich besitzt die Temperatur eine recht gleichbleibende Höhenabhängigkeit im langjährigen Mittel, sie nimmt bei einem Anstieg um 100 m um etwa 0,5° C ab. Wegen der reichen orographischen Gliederung bestehen also im Lahngebiet große Unterschiede von Ort zu Ort. Die Tabellen der „Klimakunde“ geben nur folgende Werte von Tal- und Höhenstationen:

Tabelle 6

Station	Temperatur-jahresmittel	Station	Temperatur-jahresmittel
Gr. Feldberg	4,7 °C	Oberlahnstein	10,3 °C
Neukirch-Salzburg	5,9	Weilburg	8,4
Altastenberg	5,0	Gießen	8,8
Kahler Asten	4,8	Marburg	8,0
Herchenhain	6,2	Schweinsberg	8,0

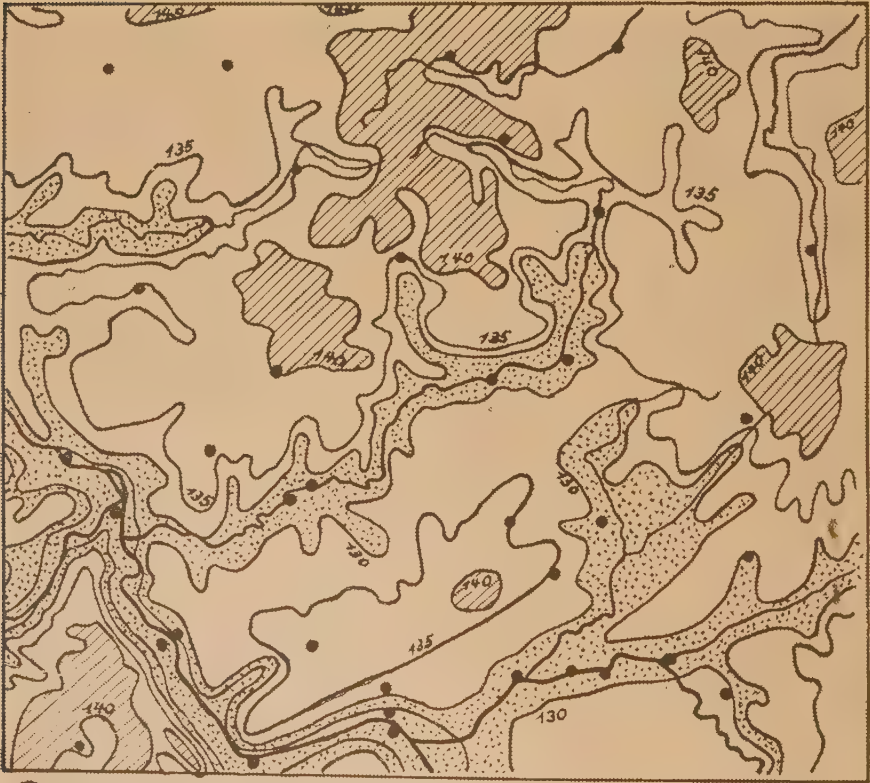
Die mittlere Jahrestemperatur des Lahngebietes beträgt bei einer mittleren Höhenlage von 315 m nach Berechnungen aus diesen Werten 7,9° C.

Die durch die Höhengliederung hervorgerufenen Temperaturverhältnisse stellt wohl am besten eine phänologische Karte dar. Seit Beginn der Beobachtungen ist der Eintritt der Fliederblüte bevorzugt zu-

grundegelegt worden, so auch von Weimann. Der hier beigegebene Ausschnitt der vom Reichsamt für Wetterdienst bearbeiteten Karte von 1937 zeigt das allmähliche Fortschreiten des Blühbeginns infolge langsamen Ansteigens der Frühlingstemperaturen die Täler aufwärts bis in die Höhenlagen. Um das ganze Lahnggebiet zu erreichen, waren von der Lahnmündung an 15 Tage nötig (vgl. hierzu die phänologischen Karten im Klimaatlas von Hessen Blätter 67—74.).

Tabelle 7 **Beginn der Fliederblüte 1937 im Lahnggebiet**

Beobachtungsort	Datum des Beginns	Zahl der Tage nach Jahresbeginn
St.Goarshausen	6. 5.	126
Diez	25. 4	115
Weilmünster	8. 5.	128
Gießen	9. 5.	129
Ernsthausen (Kreis Marburg)	15. 5.	135
Dillenburg	20. 5.	140



Beginn der Fliederblüte (Beginn des Vollfrühlings) 1937
Bearbeitet im Reichsamt für Wetterdienst 1:1300 000
120 125 130 135 140 *Tage seit Jahresbeginn*
30.E 5.E 10.E 15.E 20.E *Datum*

Abb. 4

b) Die thermische Kontinentalität der Täler und Becken gegenüber den Höhen

Als vergleichbares Maß der Kontinentalität wird neben der hygri-schen, die sich auf die Niederschlagsverhältnisse gründet, die thermische Kontinentalität nach verschiedenen Methoden berechnet. An sich sind die kontinentalen und ozeanischen Eigenheiten in allen Klimaelementen vorhanden und mit Hilfe der Luftmassen-klimatologie bestimmbar. Leichter ist das bei der Temperatur möglich durch Feststellung der Kont. in % des reinen Landklimas. Ein Ausdruck dafür ist bereits die Jahresschwankung A der Temperatur. Höhere Werte zeigen die größere Kontinentalität an. *Ringleb* (1947 S. 87—95) zeigt durch Vergleich verschiedener Kontinentalitätsformeln, daß solche besser als die Jahresschwankung die maritimen und festländischen Einflüsse abschätzen lassen. Als besonders günstig zeigt sich die Berücksichtigung der relativen Frühjahrs- und Herbsttemperaturen. Es erwies sich, daß im Klima W- und NW-Deutschlands weit mehr kontinentale Züge vorhanden sind, als es sich nach den auf die Jahresschwankung gegründeten Formeln ergab.*

Station	Höhe über NN	Faktoren der thermischen Kontinentalität		
		A	D	K
Oberlahnstein	70 m	17,3 °C	0,8 ‰	48,4 ‰
Weilburg	225	17,2	0,6	48,4
Gießen	159	17,7	0,0	44,6
Marburg	230	17,6	0,8	48,6
Gr. Feldberg	880	16,2	8,2	39,6
Neukirch-Salzb.	612	16,5	6,2	41,9
Kahler Asten	848	15,4	10,3	36,6
Emden	10	15,5	10,7	35,4

In den durch die Kontinentalitätsformeln gewonnenen Zahlen zeigt sich der erheblich kontinentale Charakter der Täler und Becken im Lahngebiet gegenüber den Höhen. Diese Tatsache entspricht dem Satz, daß Mulden-, Becken- und Tallage die Kontinentalität verstärkt, offene und ungeschützte Lage sie abschwächt. Die dem Aufsatz von *Ringleb* beigegebene Karte zeigt am Ostabfall von Rothaargebirge und Westerwald zur Eder und Lahn hin einen scharfen und ausgeprägten Gradienten von geringer zu hoher Kontinentalität.

Die kontinentalen Tal- und Beckenlandschaften des Hessischen Berg- und Hügellandes haben am Lahngebiet relativ geringen Anteil. Deshalb ist der Gesamtcharakter, der durch die Höhen bestimmt wird, mehr der eines kühlen und feuchten Klimas, wenn auch abgeschwächt durch die Lage im Lee des Rheinischen Schiefergebirges. Der stärkere sommerliche Wasserverbrauch durch freie Oberflächenverdunstung und aktive Verdunstung der Pflanzendecke in den Tälern wird nur wenig ausgeglichen durch Grundwasserspenden, die aus den Klüften der regenreichen Gebirge stammen. Diese selbst haben im Sommer wegen

* Im Anschluß an *Johannson* stellte *Ringleb* eine neue Formel mit dem Kont.-Faktor K auf, die nur die Jahresschwankung und die Phasenverschiebung erfaßt (A und D). (Phasenverschiebung ist die Verspätung der Extreme, die Differenz der relativen Temperatur zwischen Herbst- und Frühjahrswerten. „Relative Temperaturen“ sind nach *Köppen* die Monats- oder Jahreszeitenmittelwerte in ‰ der Jahresschwankung.)

dünnere Bodenkrume über meist undurchlässigem Gestein (Schiefer) wenig Wasser zu eigenem Verbrauch zur Verfügung, weshalb das Waldkleid sehr notwendig ist (vgl. S. 112 ff.), das die Winterfeuchtigkeit für den sommerlichen Bedarf bewahrt. Geringere freie Verdunstung wegen geringerer Sommertemperaturen wird jedoch vergrößert durch verdunstungsfördernde höhere Windgeschwindigkeiten und hohen Transpirationswasserbedarf der Wälder. Wasserwirtschaftlich ins Gewicht fallende Unterschiede in der Gebietsverdunstung sind aus diesen Gründen im Lahnggebiet nicht zu erwarten und bisher auch nicht nachzuweisen (vgl. S. 45 ff.). Dagegen sind die Temperaturverhältnisse von großer Bedeutung für den Gang des Abflusses, besonders durch ihren Einfluß auf die Schnee-verhältnisse, die Versickerung und das kapillare Aufsteigen des Bodenwassers.

Die Höhen sind nicht nur kühler, sondern auch feuchter und regenreicher als die warmen und trockenen Täler und Becken. Die gleichen Gegensätze des ozeanischen und kontinentalen Einflusses sind auch beim Faktor Niederschlag vorhanden. Da die Abflußerscheinungen meist eine direkte Folge der Niederschlagsereignisse sind, im Einzelnen wie im langjährigen mittleren Zustand, werden die Niederschläge im Lahnggebiet im Zusammenhang mit dem Abfluß im folgenden Hauptteil behandelt. Hier möge nur ein Hinweis auf die „hygrische Kontinentalität“ folgen, die die Niederschlagsverhältnisse gut zu charakterisieren vermag:

c) Zur hygrischen Kontinentalität

Die hygrische Kontinentalität im Klima West- und Nordwestdeutschlands behandelt ein anderer Aufsatz von Ringleb (1948). Sie wird — wie die thermische Kont., durch den Jahresgang der Temperatur — charakterisiert durch den Jahresgang des Niederschlags. Der Einfluß des Ozeans zeigt sich in einer Abnahme der relativen Regenmenge im Herbst und Winter landeinwärts. Gebiete vorherrschenden Winterniederschlags, im Lahnggebiet die Höhen der Gebirge (vgl. Abb. 5 und 6), tragen ozeanischen Charakter. Der kontinentale Einfluß ist im Sommer erkennbar in der Zunahme der Niederschläge im Lande, besonders in den Tälern und Becken, wie im Lahntal, dem Amöneburger Becken und der Wetterau. „In unseren gemäßigten Breiten sind demnach Herbst- und Winterregen charakteristisch für ozeanisches und Küstenklima, Sommer- und z. T. auch Frühjahrsregen typisch für Ländklima.“

Die Gebiete mit überwiegenden Winterniederschlägen sind gleichzeitig auch die mit den höchsten jährlichen Niederschlagsmengen (Rothaargebirge, Westerwald, Taunus, Vogelsberg), wie ein Vergleich der Karten Winterniederschlagsanteil und Niederschlagssummen zeigt. Sommerregengebiete sind die niederschlagsarmen Zonen in den Tälern und Becken.

* Gegenüber anderen Berechnungsmöglichkeiten, die die Quotienten: Niederschlag dividiert durch Temperatur benutzen, ist besonders vorteilhaft die Bildung der Differenzen z. B. der Winter- und Sommerniederschläge oder anderer nach Reichel und Henze, weil die große Zahl der Regenmeßstellen mehr Einzelheiten darzustellen ermöglicht, als die durch die geringe Zahl der Orte mit Temperaturbeobachtungen beschränkte Quotientenmethode.

Bemerkenswert ist ein Unterschied gegenüber der thermischen Kontinentali-

Die kontinentalen und ozeanischen Klimaeigenschaften an einem Ort sind nach *Ringleb* auch zu erkennen in der Lage der Monatsmaxima und -minima im Jahresgang und in deren räumlicher Verteilung. In Gebieten mit vorherrschenden Winterregen hat der Dezember oder der Januar das Maximum, wie im maritimen Klima (Abb. 7 Typ 5). Erklärt wird dies durch die Häufigkeit der Westwetterlagen, Vergrößerung der Stauwirkung infolge Absinkens des Kondensationsniveaus und hoher relativer Feuchte der zum Aufsteigen gezwungenen Luftmassen. Für das Zustandekommen des Sommermaximums (Abb. 7 Typ 1—3) ist der konvektive Anteil des Niederschlags ausschlaggebend, wie er sich z. B. in Hitzegewitterregen bemerkbar macht.

II. Die Abflußverhältnisse in Abhängigkeit von den geographischen Bedingungen

1. Niederschlag und Abfluß

a) Das Beobachtungsmaterial

Als *Hellmann* im Jahr 1906 „Die Niederschläge in den norddeutschen Stromgebieten“ mit Tabellen der Niederschlagshöhe bis 1890 herausgab, hatte er im Lahngebiet nur 18 Stationen aufzuführen. Darunter befanden sich nur 5 Orte, an denen die Regenmessungen 10 Jahre und länger durchgeführt waren; Lahnhof seit 1877, Schweinsberg seit 1880, Marburg seit 1866, Gießen seit 1851 und Langenschwalbach seit 1876. Bis zur Jahrhundertwende bestanden bereits 34 Beobachtungsstellen, die zum größten Teil noch heute tätig sind. Sie sind der Grundstock der 1939 im Tabellenband der Klimakunde des Deutschen Reiches veröffentlichten mittleren Niederschlagssummen der Periode 1891—1930.*

Die Tabelle 40 enthält nicht weniger als 87 Stationen, die im Lahngebiet selbst oder dicht an seiner Begrenzung liegen. Die Bearbeiter der den weiteren Berechnungen zugrundegelegten Karte der mittl. Jahressummen 1 : 200 000 des Zentralamtes des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone verwendeten die Ergebnisse etwa weiterer 20 Stationen mit kürzeren Reihen vom Jahre 1933 an.** Durch das unglückliche Kriegsende wurde der Beobachtungsdienst stark behindert. Im Jahre 1945 waren im Lahngebiet insgesamt 36 Stationen tätig, von diesen aber nur 11 das ganze Jahr hindurch (vgl. Met. Jahrb. US-Zone 1945, S. 66). Heute ist das Niederschlagsbeobachtungsnetz wieder weitgehend hergestellt. Es fehlen jedoch noch die gerade für das Lahngebiet so wichtigen Stationen im Quellgebiet, Lahnhof und Feudingen, die mit Kriegsende die Beobachtungen einstellten.

tät: Dort nimmt die Ozeanität in südöstlicher Richtung ab und steigt wieder mit Annäherung an das Mittelgebirge. Die Linien gleicher Niederschlagsdifferenzen drehen jedoch aus dem küstenparallelen Verlauf in die N—S-Richtung. Das beruht darauf, daß von Westen mit den Westwetterlagen die ozeanischen Klimaeigenschaften ins Festland hineingetragen werden, sodaß die Abnahme der Differenzen nach Osten langsam erfolgt.

* Der Mittelwert 1891—1930 entspricht in Hessen den mittleren Verhältnissen der Periode 1891—1948, da die Beträge der Abweichungen innerhalb der Fehlergrenzen liegen (Schreiben von Prof. *Knoch*, Bad Kissingen, an Vorarbeitenamt v. 30. 8. 1949).

** Dadurch konnten einige Mittelwerte der Tab. 40 der „Klimakunde“, die sich wegen kürzerer Beobachtungsreihen auf unsichere Interpolationen stützten, verbessert werden.

Im Lahnggebiet von 5946 km² entfällt durchschnittlich auf je 60 km² eine Meßstelle. In Anbetracht des unruhigen Reliefs mit oft erheblichen Höhenunterschieden auf kleinem Raum ist das Netz recht locker. Besonders in den Gebirgslagen mit hohen Niederschlägen ist als Grundlage wassertechnischer Baumaßnahmen, wie Talsperren, zeitweise eine Verdichtung des Beobachtungsnetzes erwünscht. Man bedient sich in solchen Fällen gewöhnlich sog. Totalisatoren, das sind Regensammler, die keiner täglichen Abmessung des Niederschlages bedürfen. Dennoch bedeutet dies einen großen Kosten- und Materialaufwand, der infolge der Zeitverhältnisse im bisherigen Rahmen der Vorarbeiten im oberen Lahnggebiet nicht aufzubringen war. Die der Abflußmengenberechnung zugrundegelegte Karte der Niederschlagssummen 1 : 200 000 berücksichtigt so weitgehend die Orographie, daß ein dichtes Beobachtungsnetz die Lage der Isohyeten wohl nicht wesentlich würde ändern können.

Daß nicht so gutes Beobachtungsmaterial über die **A b f l u ß m e n g e n** und Abflußvorgänge im Lahnggebiet vorhanden ist, wie über die Niederschlagsmengen, liegt schon allein an den erforderlichen größeren Aufwendungen für die Einrichtung von Beobachtungsstellen. Möglichst gute Pegelablesungen der Wasserstände, wobei Schreibpegel bevorzugt werden, bilden die Grundlage. Sie genügen jedoch nicht zur Feststellung der Abflußmengen; um diese aus dem beobachteten Pegelstand ermitteln zu können, muß durch Wassermengenmessungen der vom Wasser durchflossene Querschnitt und die Fließgeschwindigkeit bei jedem Wasserstand gemessen und eine Pegelabflußkurve festgelegt werden. Da die Flußquerschnitte sich infolge der Erosions- und Ablagerungstätigkeit der Flüsse ständig ändern, ist es erforderlich, die Abflußmessungen zu wiederholen und die Abflußkurven mehr oder weniger häufig zu berichtigen. Die Abflußgeschwindigkeiten werden gewöhnlich mit einem Woltmann-Flügelgerät gemessen. Wegen der bei Hochwasser auftretenden hohen Geschwindigkeiten und der starken Geschiebeführung sind HW-Abflußmessungen schwierig durchführbar. Das ist der Grund dafür, daß gemessene Werte für Hochwasser so selten sind. Die den wasserbaulichen Maßnahmen zugrunde gelegten **HW-Mengenwerte** stützen sich deshalb meist auf Schätzungen und theoretische Berechnungen und sind mehr oder weniger fehlerhaft, obwohl eine große Genauigkeit für verschiedene Auswertungen sehr erwünscht wäre. Es sind in den vergangenen Jahren verschiedene neue Methoden der HW-Messung entwickelt worden (vgl. *W. Friedrich* 1948 S. 70—81), wie das Salzgeschwindigkeits-, das Salzverdünnungs- und das Farbverdünnungs-Verfahren. Diese konnten jedoch im Lahnggebiet noch nicht angewendet werden.

Solche Abflußmessungen ermöglichen es, die für den jeweiligen Flußquerschnitt gültigen Bezugskurven aufzustellen, die Beziehungslinien zwischen Wasserständen und Abflußmengen. Aus diesen kann dann für jeden Pegelstand in cm die zugehörige Abflußmenge in m³/s entnommen werden. Wegen der Schwierigkeiten, außer dem langjährigen mittleren Niederschlag auch die entsprechend exakten Werte des mittleren Abflusses zu erhalten, ist es nur selten möglich, aus diesen beiden Faktoren die mittlere Gebietsverdunstung zu berechnen, zu deren Ermittlung es keine andere Methode gibt (vgl. S. 45 ff.).

Ein Verzeichnis der Pegelbeobachtungen, das nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erheben will, enthält Tab. 8. Außer den dort aufgeführten Beobachtungen liegen Abflußmessungen von der Rehbachtalsperre Driedorf im Westerwald vor. Abflußmengen sind in den gewässerkundlichen Jahrbüchern 1937—40 nur für die Pegel Leun und Hainmühle veröffentlicht; die Werte des Ohmpegels Hainmühle sind jedoch wenig einwandfrei im Gegensatz zu den wichtigen und wertvollen Beobachtungsdaten des Lahnpegels Leun. Unbrauchbar sind die Abflußmengenwerte des Pegels Marburg/Lahn, die in sehr weiten Grenzen schwanken und doppelt so hohe Mittelwerte ergeben, als zu erwarten sind. Die HW-Mengenwerte sind stets nur angenähert richtig, da nur theoretische Berechnungen der Wassermengen bei höheren Pegelständen der Abflußkurve zugrunde liegen. Recht einwandfreie Abflußwerte liegen vor in den an der Talsperre Driedorf 1939—1948 gemessenen Mengen, jedoch läßt sich der ausgleichende Einfluß der Talsperre schwer ausschalten, was die Unterlagen für Wasserhaushaltsfragen unbrauchbar macht. Zu verwenden sind nach einiger Korrektur auch die Werte vom Pegel Biedenkopf an der oberen Lahn aus den Jahren 1944—1948. Infolge der Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse gingen Beobachtungsunterlagen verloren, Verbesserungen der Pegel und Abflußmengenmessungen unterblieben. Das Vorarbeitenamt ließ Abflußmessungen an den Lahn-Pegeln Biedenkopf und Marburg und am Ohmpegel Hainmühle durchführen. Es gelang jedoch nicht, außer für Biedenkopf, die jahrelangen Pegelablesungen der weiteren Bearbeitung der Abflußverhältnisse im Lahnggebiet zugrunde zu legen. Es war deshalb notwendig, die leichter und daher einwandfreier ermittelten Niederschlagsmengen möglichst weitgehend für die wasserwirtschaftliche Planung auszuwerten.

Tabelle 8

Verzeichnis der Pegelbeobachtungen im Lahnggebiet.

Gewässer	Pegel	Niederschlags- gebiet in km ²	Art des Pegels vom . . . an	Dauer der Beobachtung	Jahrbuch- Veröffentlicht von . . . bis . . .
Lahn	Wallau	153,1	Latten-, Schreib-, 16. 7. 39	1866—1948	u. v. Dillenburg
	Biedenkopf	295,3	Latten-	V. 1943 —	u. v. Dillenburg
	Eckelshausen		Latten-	XII. 1886—1937	u. v. Dillenburg
	Marburg	1680	Latten-		Preuß.: 01—36 Reich: 37—40
	Friedelhausen		Latten-	HW-Pegel	u. v. Dillenburg
	Gießen	2359	2 Latten	1. VI. 1842	Hess.: 1851—36 Reich: 36—40
	Wetzlar	3378	Latten-	1848	Preuß.: 03—10
	Leun	3594	Schreib-, 1. 7. 24		Preuß.: 01—36 Reich: 37—39
	Weilburg	3804	Latten-		Preuß.: 01—10
	Runkel	4135	Latten-		Preuß.: 01—36 Reich: 37—40
	Limburg	4578	Latten-		Preuß.: 11—30
	Diez		Latten-	1. I. 1842	
	Nassau	5682	Latten-		Preuß.: 1911
Ohm	Niederlahnstein		Latten-	1. I. 1882	
	Ober-Othmen	16,5	Latten-		
	Ober-Olfelden	317,3			
	Kirchhain				
Dill	Hainmühle/Betziesdorf	934	Latten-, Schreib-		Preuß.: 01—36 Reich: 37—40
	Dillenburg	254	Latten-	1. VII. 1893	u. v. Dillenburg
	Ehringshausen	660	Latten-	21. XII. 97	Reich: 1940 u. v. Dillenburg
	Hermannstein	698	Schreib- 1947	1. VIII. 1909	u. v. Dillenburg
Weil	Essershausen	209,3	Schreib- 1947	II. 1939	
Felda	Ehringshausen	62,7			
Lumda	Lollar	129,4			
Wieseck	Trohe	73,4			

b) Die Niederschlagsverhältnisse

Der Abfluß ist eine mit den Jahreszeiten, dem Boden und der Pflanzendecke mehr oder weniger wechselnde direkte Folge der Niederschlagsverhältnisse in Größe und Ablauf. Für lange Zeiträume gilt die Gleichung:

$$A = N - V$$

d. h. der mittlere Jahresabfluß A ist gleich dem mittleren Jahresniederschlag N abzüglich der Gebietsverdunstung V . Da sich V von Jahr zu Jahr und Ort zu Ort wenig ändert und in seiner Größe nach Erfahrungsformeln deshalb annähernd geschätzt werden kann (vgl. S. 46), sind vor allem die Niederschlagsverhältnisse zu klären, um die Größe der mittleren Abflussumengen im Lahngebiet und in seinen Teilgebieten zu ermitteln.

a) Der mittlere jährliche Niederschlag

Die Karte der mittleren Jahressummen des Niederschlags (Abb. 5) gibt das Bild der durchschnittlichen regionalen Verteilung der jährlichen Niederschlagsmengen. Sie ist eine Folge der orographischen Verhältnisse und der häufigsten regenbringenden Winde bei charakteristischen Wetterlagen. Der Vergleich einer Isohyetenkarte des Lahngebietes mit einer entsprechenden Isohypsenkarte zeigt große Ähnlichkeit im Verlauf der Linienzüge. Den Erhebungen entsprechen hohe Niederschlagssummen, den Tälern und Becken niedrige. Die typischen Niederschlagswetterlagen haben meist verschiedene Zugrichtung, weshalb sich ihre Anteile im Jahresmittel überlagern (Flohn 1942 S. 130—136). Im Winter überwiegen Niederschläge bei Westwetter. Westliche Winde herrschen vor und bringen der NW-Abdachung des Rheinischen Schiefergebirges die höchsten Niederschlagsmengen. Das Schauerwetter des Frühjahrs hat keinen erheblichen Einfluß auf die Gesamtniederschlagsmengen. SO-Wetterlagen sind in W-Deutschland selten. Abgesehen von den Störungen durch lokale Sommergewitterregen prägen sich die Niederschläge bei Westwetter deutlich in den mittleren Jahressummen aus, wie ein Vergleich einer Niederschlagskarte des Dezember mit der des Jahres zeigen kann.

Wegen der Lage des größten Teils des Lahngebietes im Lee der regenbringenden Westwinde am SO-Rand des Rheinischen Schiefergebirges sind die Niederschläge hier geringer als bei gleicher Höhenlage im Luv. Böttcher (1941) errechnete die mittlere Zunahme des Niederschlags mit der Höhe im Rheinischen Schiefergebirge zu 76 mm je 100 m. Die Abweichungen von diesem Mittelwert benutzte er zur Zeichnung von Anomalie-Karten. Diese sind eine gute, dort zu wenig ausgenutzte Methode zur Erfassung der Stau- und Föhngebiete, worauf E. Reichel bei seiner Besprechung dieser Dissertation besonders hinweist (vgl. E. Reichel, Met. Ztschr. 1943, S. 144). Stau und Föhn erklären den großen Gegensatz, der zwischen den niederschlagsreichen Höhen des Rothaargebirges und Westerwaldes, des Kellerwaldes, des Vogelsberges sowie des Taunus und den relativ trockenen Tälern und Becken besteht.

Den höchsten mittleren Jahresniederschlag im Lahngebiet erhalten die Stationen Feudingen (1136 mm) und Lahnhof (1123 mm). Im Quellgebiet der oberen Lahn haben die Teilflußgebiete 1 und 2 (vgl. S. 33 mit einem mittleren Gebietsniederschlag von über 1150 mm die größten



Abb. 5

Regenmengen im Jahr zu verzeichnen. Im Dillgebiet ist der Einzugsbereich der Dietzhölze mit 1000 mm am niederschlagsreichsten. Im Vogelsberg werden solche Mengen nicht mehr erreicht. Zwar hat die außerhalb des Lahn-Ohm-Gebietes gelegene Station Herchenhain ein Jahresmittel von 1092 mm, im Ohmquellgebiet fallen jedoch nur etwa 920 mm im Jahr. Im Taunus beträgt das Jahresmittel der Kl. Feldbergstation 1030 mm. Trotz der größeren Höhenlage ist die Ergiebigkeit geringer als im Rothaargebirge, wo die feuchtigkeitsbeladenen Winde zuerst ihre Last abregnen. Im Quellgebiet des Elbbaches und seiner Nebenbäche im Hohen Westerwald werden noch über 900 mm erreicht gegenüber 770 mm des obersten Teileinzugsgebietes des Emsbaches im Taunus, das dort von keinem anderen Flußgebiet übertroffen wird.

Die Täler und Becken sind in der Kartendarstellung der Jahressummen deutlich durch Niederschlagsarmut gekennzeichnet. Das gilt insbesondere für das Amöneburger Becken (Kirchhain 564 mm) und die Wetterau, deren trockenste Teile (unter 550 mm) jedoch im Wetter/Main-Gebiet liegen. Das Wohramündungsgebiet bei Kirchhain erhält nur etwa 580 mm, der untere Kleebach am Westrand von Wetterau und Gießener Becken 590 mm. Die Beckenlage Limburgs bedingt die unter 600 mm sinkende Regenmenge, die Lage am Mittelrheintal die 560 mm von Oberlahnstein. Fast das gesamte Lahntal unterhalb von Marburg hat Niederschlagsmittel zwischen 600 und 650 mm (Marburg 637 mm, Gießen 601, Wetzlar 631, Diez 627 mm). Die Gegend um Weilburg (717 mm) liegt noch im Bereich der höheren Westerwaldniederschläge und nimmt eine Sonderstellung ein.

Diese mittleren jährlichen Niederschlagssummen werden zwar in manchen Jahren an den betreffenden Beobachtungsstationen annähernd erreicht. Dennoch sind die Niederschlagsverhältnisse dieser Jahre sehr verschieden, sowohl hinsichtlich der räumlichen Verteilung über das Lahngebiet hin wie in der zeitlichen Verteilung im Jahresgang. Dem langjährigen Jahresmittel von 776 mm in Biedenkopf entsprachen die Regensummen der Jahre 1932, 1938 und 1948 mit Abweichungen bis zu $\pm 3\%$; in Marburg gilt das gleiche für die Jahre 1936 und 1938 und in Fronhausen für das Jahr 1940.

Es interessiert auch nicht so sehr der absolute Betrag, sondern das dadurch geklärte Niederschlags-Verhältnis zwischen den Stationen und die Erkenntnis, daß der errechnete Mittelwert selbst oft erreicht und überschritten wird. Der wirkliche jährliche Betrag hat in den untersuchten 19 Jahren im Gebiet der oberen Lahn und Ohm erheblich geschwankt durch das Auftreten des trockenen Sommers 1947 und der feuchten Jahre 1939 und 1948. So erhielt Laasphe 1947 667 mm, also wenig mehr als die Hälfte der Menge von 1948 mit 1252 mm. Die Summe lag 30 % unter, dann 32 % über dem Mittelwert von 947 mm. In Marburg fielen 1939 778 mm Niederschlag und 1947 449 mm gegen 637 mm im Mittel. Das sind 29,5 % unter und 22 % über dem Mittel. In Kirchhain waren es 1947 427 mm und 1939 682 mm, also 24 % unter und 21 % über dem Mittel von 564 mm.

Die Extreme, die in den Jahren 1851 bis 1930 gemessen wurden, entfernen sich noch mehr vom Mittelwert. Marburg erhielt 1882 seinen höchsten Jahresniederschlag von 864 mm, der damit 35 % über dem Mittel lag (Stein 1897 S. 5). Die kleinste Jahressumme betrug im Trockenjahr 1921 364 mm; sie lag 43 % unter dem Mittel.

Der von *Hellmann* zur Charakterisierung verschiedener Klimate benutzte Quotient der größten und kleinsten Jahresmenge, der *Schwankungsquotient*, beträgt in Norddeutschland 2,2 (*Hann-Süring* 5. Aufl. S. 445). Für Marburg errechnet er sich zu 2,37, d. h. das regenreichste Jahr 1882 hatte 2,37 mal mehr Regen als das trockenste 1921.

Tabelle 9

Mittlere jährliche Gebietsniederschlagsmengen.

Nr.	Flußgebiet	Entfernung	Niederschlags-		Mittlere jährliche		Niederschlags-	
		von der	einzel-	gesamt	einzel-	gesamt	einzel-	gesamt
		Mündung	Zufluß	Lahn	Zufluß	Lahn	Zufluß	Lahn
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Quelle bis 2	245,0	24,8	24,8	1150	1150	28,55	28,55
2	Rüppersbach	234,9	20,9	45,7	1160	1155	24,25	52,80
3	Ilse	234,3	13,3	59,0	1110	1144	14,77	67,60
5	Banfebach	226,5	37,9	111,2	1060	1109	40,20	123,40
6a	Laasphebach		18,6	129,8	1090	1107	20,27	143,80
7	Perfbach	220,5	115,4	268,5	856	989	97,8	265,5
—	Pegel Biedenkopf			295,3		973		287,0
9	Dautpne	208,0	41,6	371,1	850	941	35,3	348,0
11	Wetschaft	189,5	198,1	649,0	672	832	133,0	540,0
13	Ohm	187,2	999,4	1651,2	692	746	691,0	1230,0
15	Allna	168,1	93,7	1806,3	703	740	65,9	1336,0
17	Zwester Ohm	159,3	75,2	1919,9	665	735	50,0	1410
19	Salzböde	156,7	138,7	2065,6	707	733	97,9	1514
21	Lumda	150,4	122,9	2204,0	679	729	83,5	1610
23	Wieseck	141,0	134,7	2378,3	645	723	86,9	1720
24	Bieber		35,9	2414,2	660	721	23,7	1739
26	Kleebach	137,5	165,3	2600,5	629	715	103,9	1858
29	Dill	123,6	716,7	3377,6	825	737	592,0	2485
30	Wetzbach	124,0	32,9	3410,5	670	736	22,0	2506
32	Solmsbach	115,4	112,1	3555,4	703	734	20,8	2635
34	Mühlbach	112,3	30,2	3591,8	690	734	20,8	2635
36	Umbach	105,6	58,9	3685,3	844	735	49,7	2710
38	Kallenbergbach	102,5	83,9	3776,6	851	738	71,4	2790
40	Weil	94,6	249,5	4054,5	753	738	188,0	2992
42	Kerkerbach	68,5	72,5	4207,1	720	737	52,2	3100
44	Emsbach	63,5	319,6	4556,8	665	730	212,5	3320
46	Elbbach	59,2	322,3	4900,0	823	737	265,3	3610
48	Aar	53,3	311,7	5238,8	663	732	206,6	3835
50	Rupbach	37,4	28,5	5307,6	670	731	19,1	3880
52	Dörsbach	27,3	115,2	5445,2	703	731	81,1	3980
53	Gelbach	26,7	221,0	5666,2	791	733	175,0	4150
55	Mühlbach	20,6	170,8	5854,9	685	732	116,9	4290
57	Emsbach	12,2	28,9	5914,6	755	732	21,8	4330
—	Lahnmündung	0,0		5946,5		731		4345

β) Niederschlagsmengen und ihre Bestimmung in den Einzelgebieten

Die Niederschlagssummen einzelner Stationen sind die Grundlage für die Bearbeitung der Regenkarten (Isohyetenkarten). Diese geben nicht nur ein anschauliches Bild von der regionalen Verteilung der Niederschläge, sondern aus ihnen können auch leicht die mittleren Jahresniederschlagsmengen in den einzelnen Flußgebieten ermittelt werden. In der Ebene genügt es meist, den in der Fläche liegenden Stationen einen gleichen Teil zuzuordnen, d. h. das Mittel aus den Werten

der Stationen zu bilden. Im Berg- und Hügelland ist unbedingt eine gute Niederschlagskarte notwendig.

In der Ebene ist dann:
$$N_m = \frac{\sum N_n}{n}$$

Bei starken Höhenunterschieden
(mit Isohyetenkarte)
$$N_m = \frac{\sum F_i \cdot N_i}{\sum F_i}$$

wenn bedeutet:

- N_m – mittl. Niederschlag des Gebietes
- N_n – mittl. Niederschlag der n -Stationen
- N_i – mittl. Niederschlag des Gebietes
zwischen zwei Isohyeten
- F_i – Fläche zwischen den zwei Isohyeten

Die absoluten Niederschlagsmengen sagen etwas aus über den gewichtsmäßigen Anteil der Niederschläge in den Teileinzugsgebieten an der Gesamtsumme im Lahngebiet. In der Tabelle 9 sind in Spalte 8 die Niederschlagsmengen im Gebiet der Lahnzuflüsse und in Spalte 9 der Lahn selbst im Auszug aus der insgesamt 218 Teileinzugsgebiete enthaltenden Originaltabelle des Vorarbeitenamtes aufgeführt. Es zeigt sich, daß die hohen Niederschläge des oberen Lahngebietes mit 831 mm bis zur Ohm die Differenz in der Flächengröße gegenüber dem um 347,6 km² größeren Ohmgebiet nicht auszugleichen vermögen. Während das obere Lahngebiet 12,4 % der Gesamtniederschlagsmenge des Lahngebietes erhält, sind es im Ohmgebiet 13,9 % und im Dillgebiet 13,6 %. Diese drei Teilgebiete machen also schon 41,9 % des Gesamtgebietes aus. Weitere Zuflüsse mit einer 150 Millionen m³ übersteigenden Niederschlagsmenge sind die Taunus- und Westerwaldgewässer Weil, Emsbach, Aar und Gelbach mit weiteren 24,1 %.*

γ) Die monatliche Niederschlagsverteilung

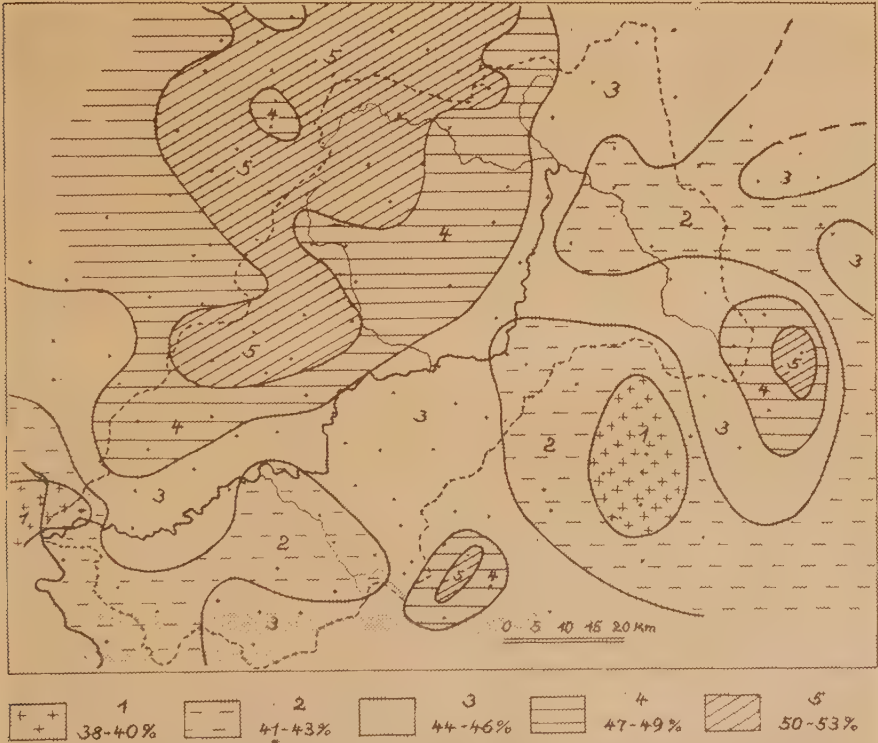
Die Karte der mittleren Jahressummen (Abb. 5) zeigt die unterschiedliche Verteilung der Niederschläge in den Gebirgen, Tälern und Becken. So erhält das Gebiet der Lahn bis zur Banfe 1135 mm im Jahr, 50 % davon

* Die Flächengrößen der Teileinzugsgebiete (Spalten 4 u. 5 der Tab. 9) sind dem Tabellenwerk „Die Wasserkraft des Berg- und Hügellandes von Preußen und seiner Nachbargebiete“ (Berlin 1914) entnommen worden. Für die Bestimmung der Gebietsniederschlagshöhen wurde eine Isohyetenkarte zugrunde gelegt. Vom Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone ist eine dafür sehr gut geeignete „Karte der mittl. Jahressummen des Niederschlags“ Periode 1891 bis 1930 im Maßstab 1 : 200 000 im Sommer 1949 in den vier benötigten Blättern fertiggestellt worden. Die Isohyeten dieser Karte wurden in eine Gewässerkarte des Lahngebietes vom gleichen Maßstab übertragen, die die Wasserscheiden aller im obengenannten Tabellenwerk angegebenen Teileinzugsgebiete enthält. Durch Ausplanimetrieren wurde die mittlere Regenhöhe der einzelnen Gebiete ermittelt, wobei dann die Flächen mit höherer Beregnung ein größeres Gewicht erhielten.

Daß diese Methode, die sich auf eine Niederschlagskarte stützt, in einem größeren Gebiet mit geringeren Höhenunterschieden notfalls ersetzt werden kann durch die zweite einfachere Methode, die sich allein der Werte der einzelnen Stationen bedient, mag am Ohmgebiet von etwa 1000 km² Fläche gezeigt werden:

Das Mittel der Stationen, die im Ohmgebiet oder dicht an seinem Rande außerhalb liegen, ergab für dieses eine mittlere Jahressumme von 698 mm, während die durch Planimetrieren der Isohyetenflächen erhaltene Summe 692 mm beträgt.

das Gebiet um die Wohramündung, nämlich 580 mm. Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge unterliegt ähnlichen Schwankungen. Im Gebiet der Lahn bis zur Banfe fallen im Winterhalbjahr (Nov.—April) 570 mm oder 50 %, an der Wohramündung 220 mm oder 38 % des Jahresniederschlages. Erreicht an der Wohramündung (unteres Ohmgebiet) die mittlere Jahressumme nur noch 50 % des Wertes der oberen Lahn, so ist der mittlere Winterniederschlag nur 39 % der Jahresmenge. Die übrigen 350 mm des Jahresniederschlages fallen im Sommer bei hohen, die Verdunstung fördernden Temperaturen und bei starkem Wasserverbrauch der Vegetation. Zum unmittelbaren Abfluß kommt nur wenig Regenwasser. Starke Gewittergüsse (Wolkenbrüche) können aber auf meist sehr begrenztem Raum die Flüsse stark anschwellen lassen. Der Unterschied der Niederschlagssummen zwischen Bergland und Beckenlandschaften ist im Sommer geringer als im Winter. Der Einfluß der Höhenlage, der am stärksten ist bei West-Wetterlagen, wird durch die in den Niederungen ergiebigen weitgehend vom Relief unabhängigen Sommergewitterregen zum Teil ausgeglichen.



Winterniederschlag in % der Jahressumme
 Periode November–April • Niederschlagsstation

Abb. 6

Die Karte der Linien gleichen Winterniederschlages (im Winterhalbjahr Nov.—April) in % der Jahressumme (Abb. 6) zeigt die Gebiete vorwiegenden Winterniederschlages vor allem auf den Höhen des Rothaargebirges und des Westerwaldes, ferner im Vogelsberg und Taunus. Das mittlere und untere Lahntal liegt in der Zone mit einem Winterniederschlagsanteil um 45 %. Im Gebiet um die Lahnmündung, in der Wetterau und im Amöneburger Becken überwiegt der Sommerniederschlag bei einem Winterniederschlagsanteil von 38—41 %. Dies sind die sommerlichen Trockengebiete mit starken Ernteausfällen, wenn die sonst maximalen Sommerregen fehlen. Hier liegen die fruchtbarsten Landschaften mit den besten Böden, die begünstigt sind durch die geringe Auswaschung, die in den gebirgigen Teilen des Gebietes mit seinen hohen Winterniederschlägen erheblich ist.

In diesem Zusammenhang wurde der Zeitraum des Wasserjahres zugrunde gelegt gegenüber den Darstellungen von *Böttcher* (1941) und *Schröder* (1949), die die meteorologischen Jahreszeiten (Winter von Dez. bis Februar) verwenden. Von wasserwirtschaftlichem Interesse ist der Gegensatz zwischen dem Winterhalbjahr mit durchweg geringer Verdunstung, hohem Abfluß und größeren Rücklagen und dem Sommerhalbjahr mit hoher Verdunstung, geringem Abfluß und Aufbrauch der Rücklagen. Schon im November ist bei oft hohen Niederschlägen und — bedingt durch das Absinken der Temperatur — bei geringer Verdunstung, mit höchsten Hochwassern zu rechnen (u. a. die HW vom 27. 11. 39 und 4. 11. 40). Im März klingen die Hochwasser ab, die Verdunstung nimmt mit ansteigender Temperatur zu. Wie das Schaubild des Jahresganges von Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Lahngebiet (Abb. 11) zeigt, erreichen die Gewässer im Mai mit Beginn des sommerlichen Wasserhalbjahres ihren nur wenig schwankenden Tiefstand, der vor allem bedingt ist durch die abflußhindernde und verdunstungsfördernde Wirkung der Vegetation.

Tabelle 10

Typen der monatlichen Niederschlagsverteilung.

Typ Nr.	Station (Kreis)	Höhe über NN in m	Jahres- mittel	Monatsmittelwerte								Winter- Anteil
				Nov. Mai	Dez. Juni	Jan. Juli	Feb. Aug.	Mrz. Sept.	Apr. Okt.	Nov.-Apr. Mai-Okt.		
1	Echzell Büdingen	130	553	42 48	41 56	36 69	28 63	33 49	35 53	215 338	38,9 %	
2	Ebsdorf Marburg	205	600	46 49	51 59	44 76	35 61	38 48	39 54	253 347	42,2 %	
3	Burggemünden Alsfeld	282	746	60 60	68 67	60 82	47 72	50 60	50 70	335 411	44,8 %	
4	Haiger Dillkreis	290	847	70 60	87 67	73 92	62 76	61 65	56 78	409 438	48,3 %	
5	Hilchenbach Siegen	355	1139	95 70	124 87	114 110	91 98	84 87	81 98	589 550	51,7 %	
	Feudingen Wittgenstein	410	1136	101 78	130 82	110 97	99 95	92 78	77 97	609 527	53,6 %	

(Beispiele zur Karte: Anteil des Winterniederschlags am Jahresniederschlag in Prozenten)

Typen der monatlichen Niederschlagsverteilung.

Monatliche Niederschläge in Prozenten der Jahressumme.

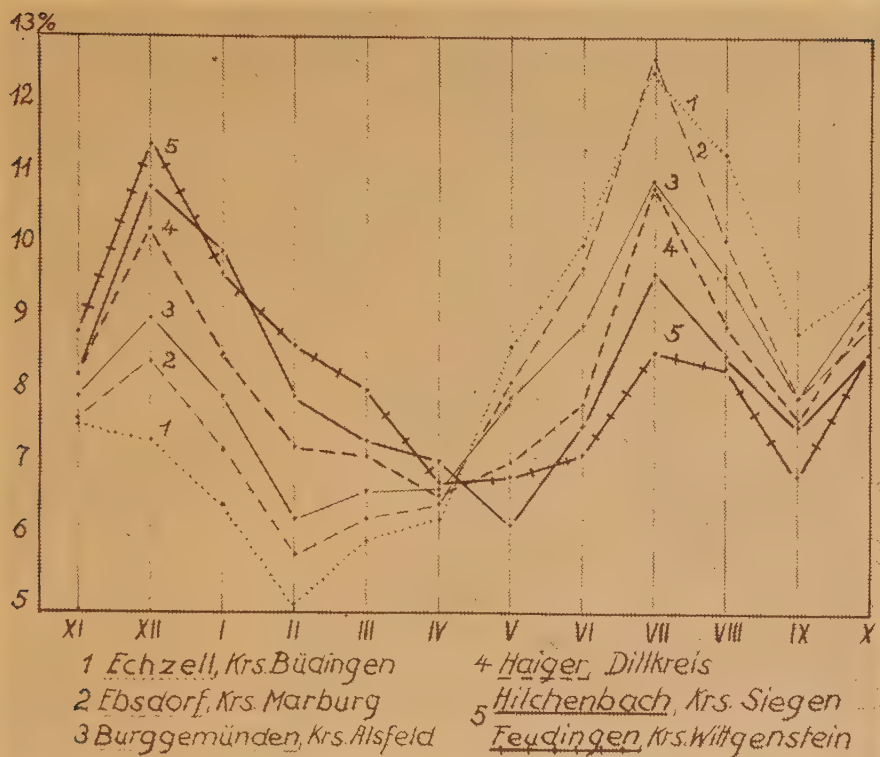


Abb. 7

Der Anteil des Winterniederschlages an der mittleren Jahressumme schwankt im Lahngebiet zwischen 38 und mehr als 50 %. Dieser Bereich wurde in 5 Gruppen eingeteilt. Für jede Gruppe wurde eine typische Station gewählt, deren Winteranteil in der Mitte des Teilbereiches liegt. Die monatliche Niederschlagsverteilung dieser Typen wurde in der Abb. 7 dargestellt.

Die Linie, die die Sommer- und Wintermaxima verbindet, steigt bei Typ 1 von Winter zu Sommer, wird bei 3 und 4 flacher und fällt bei Typ 5 steil von Winter zu Sommer. Juli und Dezember sind die regenreichsten Monate. Das Minimum fällt auf den Leeseiten, in niederschlagsarmen Flußtälern, in den Februar (Böttcher 1941), so wie bei den Stationen Echzell, Ebsdorf, Burggemünden, geht zum Gebirge hin in den April, wie in Haiger und Feudingen, in regenreichen höheren Lagen in den Mai, so im Westerwald (Rennerod, Mengerkirchen, Driedorf) und im Rothaargebirge (Hohenroth und Kahler Asten), wie im Taunus (Kl. Feldberg), aber nicht im Vogelsberg nachweisbar (Herchenhain hat Aprilminimum).

δ) Absolut höchste und tiefste Monatswerte des Niederschlags

Höchste und auch sehr geringe Summen sind in der Beobachtungsperiode 1891—1930 schon in jedem Monat zu verzeichnen gewesen. Aus diesem Grunde sind die Schwankungen der absoluten Monatsmaxima und -minima sehr viel geringer als die der mittleren Monatssummen über das Jahr hin. Und doch sind es bestimmte Monate, die sich durch besonders große Niederschlagsarmut oder höchste Regenmengen ausgezeichnet haben.

Sehr selten sind in Mitteleuropa Monate ohne jeden Niederschlag geblieben. Praktisch sind natürlich Mengen von 1—10 mm im Monat einem völligen Mangel gleichzusetzen. Der Sommer 1947 weist in Hessen nirgends einen Monat ohne Niederschlag auf. Der August war am regenärmsten mit 6 mm in Weilburg, 5 mm in Gießen und 3 mm in Marburg. 3 mm verzeichnete auch die Kl. Feldberg-Station (vgl. Berichte d. Dt. Wetterdienstes Nr. 7 1949, S. 21). Die folgende Tabelle stellt die Regensummen niederschlagsärmster Monate der Periode 1891—1930 einiger Tal- und Höhenstationen zusammen:

Tabelle 11

Station	Monat	Niederschlagshöhe in mm	Monat	Niederschlagshöhe in mm
Oberlahnstein	April	1	Oktober	1
Weilburg	April	0	Juli	1
Gießen	April	0	Oktober	5
Marburg	April	0	Oktober	6
Salzburg	April	1	Oktober	8
Erndtebrück	April	0	Oktober	5
Altastenberg	April	1	Oktober	5

So geringe Ergiebigkeit wie die Übergangsmonate April und Oktober hatte kein anderer Monat jemals zu verzeichnen. Unterschiede zwischen Tal- und Höhenstationen bestehen hier überhaupt nicht. Jeder Ort in jeder Höhenlage kann im extremsten Fall gleich wenig Niederschlag erhalten. Das gilt jedoch nicht bei den absolut höchsten Monatsmengen der folgenden Tabelle:

Tabelle 12

Station	Monat	Niederschlagshöhe in mm	Monat	Niederschlagshöhe in mm
Oberlahnstein	Juni	174	Oktober	166
Weilburg	August	164	Oktober	182
Gießen	Juli	215	Oktober	188
Marburg	August	187	Oktober	187
Salzburg	August	207	Januar	207
Erndtebrück	August	257	Dezember	304
Altastenberg	August	222	Februar	244

Größe und Lage der absolut größten Monatssummen sind abhängig von den Höhenverhältnissen und verhalten sich daher ähnlich wie die mittleren Monatsmengen. Die beiden Stationen Oberlahnstein und Gießen vom Typ 2 der Niederschlagsverteilung haben nicht nur ihre mittleren höchsten sondern auch ihre absolut höchsten Monatssummen im Sommer, im Juni und Juli. Dementsprechend haben die Stationen

Erndtebrück, Altastenberg und Salzburg, die Höhengebiete von Typ 5, auch ihr absolutes Maxima im Winter, in den Monaten Dezember bis Februar. Nur Salzburg hatte im Sommermonat August ebenso hohen Niederschlag wie im Januar. Daraus ergibt sich, daß sich wie im mittleren Jahresgang des Niederschlags, so auch in der jahreszeitlichen Lage der absolut höchsten Maxima die verschiedene Kontinentalität der Täler und Höhen bemerkbar macht.

„Die größten Monatssummen der Niederschläge während eines längeren Zeitraums zeigen eine bemerkenswerte Beziehung zu den mittleren Jahressummen: Der Quotient größte Monatssumme dividiert durch die mittlere Jahressumme ist für bestimmte Klimagebiete annähernd konstant“ (Hann-Süring S. 444). In Deutschland beträgt dieser Quotient 30—38 ‰, hier 26—36 ‰. Aus den oben mitgeteilten Werten errechnet er sich

für Marburg zu	für Erndtebrück:	und für Gießen zu:
$\frac{187}{637} \quad 29,4 \text{ ‰}$	$\frac{304}{1157} \quad 26,3 \text{ ‰}$	$\frac{215}{601} \quad 35,8 \text{ ‰}$

Die Höhen haben geringere Prozentzahlen als die Niederungen. Zum Vergleich seien die Quotienten der ozeanisch beeinflussten Länder Großbritannien: 25—32 ‰ und Norwegen: 30 ‰ genannt. Bestimmt sind die mittl. Jahressummen vor allem durch die Niederschläge bei Westwetterlagen, die stark von Höhenlage und Orographie, Luv- und Leewirkung, beeinflusst sind. Dem entsprechen auch die absoluten Maxima der Höhen, nicht aber die der im Mittel niederschlagsarmen Täler und Becken. Deren Maxima fallen in den Sommer als Folge von Gewittern.

*) GröÙte Niederschlagsmengen eines Tages oder kürzerer Zeiträume

„Eine besondere Aufgabe der Hydrometeorologie ist die Untersuchung der großen Tagesmengen der Niederschläge mit ihren Folgen und schließlich der Starkregen“ (Reichel 1948 S. 497). Wasserbauliche Maßnahmen, wie die Errichtung von Stauanlagen, Bemessung der Höhe von Brücken oder Ufermauern, können sich in der Praxis nicht immer nach den einmal beobachteten ergiebigsten Niederschlägen richten, da sie sonst unwirtschaftlich wären. Andererseits muß möglichen Niederschlagskatastrophen und ihren Folgen weitgehend Rechnung getragen werden. Die Abwasserfachleute haben an Starkregenbeobachtungen Interesse, da die Lichtweiten der Kanalisationsrohrleitungen entsprechend zu bemessen sind. In Städten kommt jeder größere Regen sofort fast restlos zum Abfluß infolge Bebauung und Straßenbefestigung. Hier soll jedoch die Frage des Zusammenhangs von Stark- und Dauerregen mit den Hochwassererscheinungen im Vordergrund stehen.

Als Stark- oder Platzregen werden große Niederschläge von meist weniger als einstündiger Dauer bezeichnet. „In unseren Breiten fallen Platzregen meist im Sommer und sind nachmittags am häufigsten. Häufig sind sie von Gewittern begleitet“ (Hann-Süring S. 480). Infolgedessen ist ihre Reichweite begrenzt und sie brauchen nicht immer eine Niederschlagsstation zu treffen, Häufigkeitsauszählungen werden also für ein bestimmtes Gebiet, wie das Lahngebiet, zu geringe Zahlen ergeben.

Neuere Beobachtungen über Starkregen liegen aus dem hier besonders interessierenden Gebiet nur von der Station Fronhausen/Lahn, Kr. Marburg, aus den Jahren 1946—48 vor und nur aus der Zeit April bis

Oktober wegen der Frostempfindlichkeit der Geräte. Die wichtigen hochwasserauslösenden winterlichen Dauerregen können deshalb in ihrer Intensität nicht gemessen werden. Die Reduktion der Ergebnisse auf die Zeiteinheit Minute oder Stunde erlaubt den Vergleich verschiedener Regen. Die größte Intensität hatte ein Starkregen am 8. 4. 47 mit 3,30 mm in der Minute, 6,6 mm fielen in 2 Minuten. Ein Starkregen am 25. 7. 46 lieferte 0,77 mm/Min., d. h. in 19 Min. 14,7 mm. Man fand, daß die Intensität der Regen ihrer Dauer umgekehrt proportional ist; so war z. B. der erste Guß bei 2 Min. Dauer intensiver als der am 25. 7. 46 von 19 Min. Noch geringere Stärke haben die für uns wichtigen hochwassergefährlichen Dauerregen bei Westwetterlagen.

Neben Starkregen unterscheidet man Dauerregen von meist mehr als 6 Stunden Dauer. Sie dehnen sich über weite Flächen hin aus und sind besonders im Winter HW-auslösend. Demgegenüber beeinflussen sommerliche Wolkenbrüche meist nur kleine Gebiete, wo sie zum raschen Steigen der Gewässer führen, zumal wenn sie auf feuchtigkeitsgesättigten Boden treffen. Dafür ist der Wolkenbruch vom 26. 8. 41 ein Beispiel, der besonders schwere Folgen im Kallenbachtal bei Arborn im Westerwald hatte. Dazu schreibt der Bearbeiter des Zentralamts dem Wasserwirtschaftsamt Dillenburg:

„Bei ausgeprägter Westdrift fielen in den beiden Vortagen (vom 23. 8./7 Uhr bis 25. 8. 41/7 Uhr Ortszeit) in der näheren Umgebung von Arborn etwa 30—40 mm Niederschlag. Dadurch wurde die Wirkung des Wolkenbruches, der am 26. Aug. 1941 in der Zeit zwischen 05.00 und 08.00 Uhr niederging, auf die Wasserführung der Bäche und Flüsse verstärkt. Die am 26. 8. 41 morgens gemessenen Regenmengen fielen innerhalb von 2—3 Stunden. Die höchste Summe wurde in Mengerskirchen, also in unmittelbarer Nähe des Zentrums, mit 53,8 mm gemessen. Hervorgerufen wurde der Wolkenbruch durch Gewitterbildung an einer von Südwesten bis Westen kommenden Kaltfront. Greifenstein verzeichnete am 26. 8. um 06.30 Uhr den Durchgang einer Gewitterböe aus Westen mit Windstärke 7. Die Niederschlagsmeßstellen beobachteten keinen Hagel- oder Graupelfall.“

In Driedorf wurden um 8.00 Uhr 40—50 mm Niederschlag gemessen. Der Überlauf der Talsperre begann um 12.30 Uhr. Bei diesem Wolkenbruch handelte es sich nicht um eine lokale Erscheinung, er ließ sich auch im oberen Lahn- und Wohratal feststellen. Der Pegel Wallau an der oberen Lahn verzeichnete am 26. 8. 41 ein Sommerhochwasser von 0,83 m Höhe.

Die größte tägliche Regenmenge im untersuchten Zeitraum und Gebiet wurde in Rauschenberg am 11. 6. 41 um 7 Uhr mit 105,4 mm Regen gemessen. Es handelt sich dabei nach Mitteilung des Zentralamtes um das schwerste Unwetter, das Rauschenberg seit dem 21. 6. 1924 betraf. Es war räumlich eng begrenzt. Die nächstgelegenen Stationen Dammberg (Forsthaus) im W mit 17,4 mm, Rosenthal im N mit 16,9 mm und Gilserberg im O mit 14,3 mm erhielten nur einen kleinen Teil des Regens. Ein Nebenzentrum lag um Haina (62,5 mm). Die Gemarkung Wohra und ihre Umgebung, zwischen diesen Zentren gelegen, erhielt nach Einwohneraussagen starken Hagelniederschlag, der die gesamte Ernte vernichtete. Über die Wirkung des Wolkenbruches auf den Abfluß der Wohra läßt sich nichts genaues aussagen, da kein Pegel beobachtet wird.

Einen weiteren Starkregen verzeichnete die Station Wiesenfeld am 22. 7. 34 mit 81 mm, der bei Gewitter und Hagel in der Zeit von 14—16 Uhr niederging.

Am 9. 7. 44 traf den Burgwaldbereich wieder ein schweres Unwetter, das Gewitterregen mit 64,4 mm in Löhlbach (Kr. Frankenberg), Haina (46,5 mm), Rosenthal (44,9 mm), Rauschenberg (70,7 mm), Kirchhain (65,9 mm) und Rüddingshausen (30,8 mm) brachte. Diese sechs Stationen können fast genau durch eine von N nach S verlaufende Linie verbunden werden. Erst umfangreichere Untersuchungen können natürlich erweisen, ob sich die Vermutung bewahrheiten kann, daß das Wohratal in einer häufig durchzogenen Gewitterbahn liegt, oder ob gar das Amöneburger Becken der Entstehung von Gewittern Vorschub leistet.

Hochgelegene Stationen erhielten im Beobachtungszeitraum 1930 bis 1948 ihre höchsten Tagesmengen nicht im Sommer-, sondern im Winterhalbjahr. Nicht Gewitterregen brachten sie, sondern Dauerregen bei Westwetterlagen, die weite Gebiete erfaßten. Gefolgt waren diese starken Niederschläge stets von Hochwasser. Am 28. 11. 39 erhielt Lahnhof 60,2 mm, Laasphe und auch Lahnhof am 4. 11. 40 60,7 mm. Am 28. 12. 47 wurden in Driedorf 84,2 mm gemessen, in Dillbrecht 73,6 und in Laasphe 75,6 mm. Auch am 14. 1. 48 erhielt Laasphe 63,2 mm. Nirgends wurden in dieser Zeit jedoch Niederschläge über 100 mm an einem Tage beobachtet.

Hellmanns Regenwerk enthält eine Tabelle: „Tagesmaxima der Niederschlagsmenge von 100 oder mehr Millimetern“. Auffallend ist darin die große Zahl der Stationen in den Sudeten infolge der hochwassergefährlichen Wolkenbrüche bei sogenannten Vb-Wetterlagen. Wie gering demgegenüber die Zahl der Stationen mit über 100 mm Tagesmaxima im untersuchten Bereich ist, zeigt besser die Karte der Verbreitung dieser Maxima auf S. 137 des Regenwerkes. Es werden dort folgende Werte veröffentlicht, die zeigen können, daß im Gebiet so hohe Regenmengen vorkommen können:

In den Jahren vor 1903 erhielt Feudingen am 21. 5. 1898 111 mm und Gießen am 30. 7. 1862 116 mm. Der Regen, der im Mai 1898 das obere Lahnggebiet betraf und in Laasphe am 20. 5. mit Gewitter 50 mm lieferte, hatte ein Sommer-Hochwasser zur Folge. In Wallau stieg die Lahn am Pegel auf 1,20 m, in Gießen auf 4,72 m. Auch im Juli 1862 wurde in Gießen ein Pegelhöchststand von 4,85 m gemessen, wobei es sich um ein von dem obengenannten Regen ausgelöstes Hochwasser handeln könnte.* Einen seltenen Fall stellt der Wolkenbruch von Erndtebrück am 11. 6. 1915 mit 195 mm dar.

Zur Verbreitung der größten Tagesmengen bemerkt *Hellmann*, daß die Höchstbeträge der Gebirge außerhalb der Alpen und Sudeten vielfach von denen aus der Ebene übertroffen werden, wie wir es auch hier bemerken konnten. Der Ebene „gehören die intensivsten Niederschläge an: denn zwischen den im Gebirge und im Flachland auftretenden größten Regenfällen besteht der genetische Unterschied, daß jene zumeist als Landregen fallen, die 24 Stunden anhalten, während diese gewöhnlich in Begleitung von Gewittern in kurzer Zeit, oft innerhalb weniger Stunden herniedergehen. Bei jenen regnet es in einer Stunde durchschnittlich so viel, wie bei diesen in 5 Minuten fallen. Jene sind von größerer räumlicher Ausdehnung ... und verursachen umfangreiche Überschwemmungen, diese

* Das Datum ist im Jb. f. d. Gewässerkunde v. Hessen nicht genannt.

treten zumeist nur lokal auf, richten aber auf diesem beschränkten Gebiete relativ nicht geringen Schaden an" (Hellmann 1906 Bd. I, S. 136).

§) Schneeverhältnisse

„Als weiteres für die hydrometeorologische Forschung und Praxis äußerst wichtiges Element der Beobachtung ist die Schneedecke zu nennen, in der erhebliche Beträge der Niederschlagsmenge gespeichert werden, die aber der Verdunstung und damit der allmählichen Minderung unterliegen" (E. Reichel 1948 S. 494).

Hellmann kennzeichnet die hydrographische Bedeutung der Schneeverhältnisse mit folgenden Worten: „Für die Zwecke der Hydrotechnik und der Bodenkultur ist es von Wichtigkeit zu wissen, welcher Anteil der gesamten Niederschlagsmenge in fester Form als Schnee herabfällt. Denn da dieser meist einige Zeit ungeschmolzen liegen bleibt, muß er bei Beurteilung der Wasserführung der Flüsse in ganz anderer Weise in Rechnung gezogen werden als der Regen, und andererseits hängt die der Vegetation in der Wachstumsperiode so nötige Bodenfeuchtigkeit hauptsächlich von den Schneemengen des vorausgegangenen Winters ab" (Hellmann 1906 Bd. I, S. 229).

Der Schneeanteil an der mittl. jährl. Niederschlagsmenge ist für das Lahnggebiet nicht sicher zu ermitteln. Die Tabellenangaben der meteorologischen Jahrbücher beschränken sich auf die Zahl der Tage im Jahr und in den Monaten mit Schneefall und — bei einigen Stationen — mit Schneedecke. Von diesen Angaben ist die letztere hier von Wert, doch sagt sie nichts aus über die Schneemengen. Das gilt auch vom Tabellenband der „Klimakunde". Dort findet sich in Tab. 47 die mittl. Zahl der Tage mit Schneefall und in Tab. 48 die mittleren und extremen Daten des ersten und letzten Schneefalls (Tab. 13) sowie die Dauer der schneefallfreien Zeit. Greim (1939) zeichnete eine Karte des Anteils des Schneefalls in Hessen an der Gesamtmenge des Niederschlags in Prozenten. Vom Lahnggebiet sind die Kreise Gießen und Alsfeld, also besonders der Vogelsberganteil erfaßt worden. Heute unterrichtet der Klimaatlas von Hessen gut über die Schneeverhältnisse.

Da die Schneeverhältnisse von der Temperatur abhängig sind, besteht eine klare Beziehung zur Höhenlage. Das ist eine Tatsache, die sich oft im winterlichen Bergland beobachten läßt. Die Hänge eines tief eingeschnittenen Tales können in der Höhe eine frisch gefallene Schneedecke tragen, die nach unten in einer Horizontalen endet. Die Linien, die die Orte gleicher Zahl der Tage mit Schneedecke oder Schneefall verbinden, verlaufen sehr annähernd parallel den Isohypsen. Schon Hellmann (a. a. O. S. 217) fand, daß die Zunahme der Zahl der Schneetage mit der Höhe durch eine Gerade darstellbar ist. Für Hessen hat Greim die Beziehungen zwischen Schneemenge und Höhenlage untersucht.

Praktische hydrographische Bedeutung hat die von Greim für Hessen aufgestellte Gleichung, die den Schneeanteil am Gesamtniederschlag ausdrückt:

$pr = 2.4 h + 4.1$, worin pr die Prozente des Schneeanteils am Gesamtniederschlag im Mittel der Jahre 1901—1930 bedeutet und die Höhe h in Hektometern eingesetzt wird. Für die einzelnen Höhenstufen ergibt sich folgender Anteil:

h —	100	200	300	400	500	600	700 m
pr —	6	9	11	14	16	18	21 ‰

Werden diese Ergebnisse auf das ganze Lahnggebiet übertragen, was annähernd möglich ist, so läßt sich die durch Schnee gespeicherte Wassermenge, wie sie im Mittel als Anhalt zu erwarten ist, berechnen aus einer Höenschichtenkarte in Verbindung mit einer Jahresisohyetenkarte. Für einzelne Gebiete mit bekanntem mittl. Gebietsniederschlag genügt dann die Berechnung der mittl. Höhenlage, was jedoch ein langwieriges Verfahren darstellt.

Im Lahnggebiet mit 315 m mittl. Höhenlage und 731 mm Niederschlag werden von diesem 11,5 ‰ oder 84 mm auf Schnee entfallen. Den wirklichen Verhältnissen wird jedoch eine andere Methode mehr gerecht. So wurden die Flächen gleichen Prozentanteils in der Karte des mittleren Anteils der Schneemenge am Gesamtniederschlag für das Jahr in ‰ (Klimaatlas von Hessen Nr. 61) ausplanimetriert. Daraus ergab sich ein Wert von 12,7 ‰ Schneeanteil am Jahresniederschlag im Lahnggebiet oder 93 mm.

Die nahezu vollkommene Höhenabhängigkeit der Schneeverhältnisse zeigt auch die Karte „Zahl der Tage mit Schneedecke“ (Abb. 8): Die Täler und Becken haben mit 40 Tagen Schneedecke nur etwa die Hälfte der Andauer in Gebirgslagen zu erwarten (Vogelsberg 80—100, Ederkopf 80—90, Hoher Westerwald 80 Tage mit Schneedecke). Die Zahl der Tage mit Schneefall ist vom hydrographischen Standpunkt aus weniger wichtig, da ein großer Teil des als Schneefall beobachteten Niederschlages beim Aufkommen auf den Boden taut oder nur kurze Zeit liegenbleibt, sich also nach dem Fallen wie Regen verhält.

„Der gesamte Monatsniederschlag besteht im Mittel nirgends und in keinem Monat aus Schnee, aber auch in den Einzelmonaten kommt dies sehr selten vor. Meist ist in der Monatssumme Regen dabei beteiligt, und auch in den höheren Gebirgslagen fällt in den Wintermonaten ein großer, in Ebene und Hügelland meist der überwiegende Teil des Regens“ (Greim 1939 S. 17). Während Hellmann die maximalen Monatsmengen am seltensten im Januar findet (a. a. O. S. 231), ergeben die Tabellen bei Greim für Hessen die größte Schneemenge im Januar oder Dezember. Jedoch ist öfter im März mehr Schnee gefallen als im Februar. Großer Schneefall im Februar und Anfang März kann wegen des danach gewöhnlich sehr rasch einsetzenden Tauvorganges zu schweren Hochwassern führen (vgl. S. 60).

Schließlich mögen einige Daten über den ersten und letzten Schneefall folgen, die der Tab. 48 der „Klimakunde“ Bd. II entnommen sind:

Tabelle 13

Station	Höhe über NN in m	Mittleres Datum des		Mittlere Dauer der schneefallfreien Zeit in Tagen
		letzten	ersten Schneefalls	
Oberlahnstein	70	3. 4.	25. 11.	235
Weilburg	165	15. 4.	17. 11.	215
Gießen	159	15. 4.	12. 11.	211
Marburg	230	18. 4.	11. 11.	206
Neukirch-Salzb.	612	4. 5.	27. 10.	175
Kl. Feldberg	801	7. 5.	27. 10.	172
Altastenberg	780	12. 5.	20. 10.	160



Abb. 8

Auch diese Zahlen zeigen klar die Abhängigkeit der Schneebeziehungen, hier der Dauer der schneefallfreien Zeit und der Ereignisse des ersten und letzten Schneefalls, von der Höhenlage.

Von hoher praktischer Bedeutung, besonders für den HW-Schutz, ist die Frage über den Wasserwert des Schnees. Der Hydrologe sucht die in einer Schneedecke gespeicherten Wassermengen zu erfahren. Da die beim Fallen gemessenen Schneeniederschläge dem Schwund unterliegen, müssen besondere Verfahren angewandt werden. Erfahrungswerte der sog. spezifischen Schneedichte lassen bei bekannter Schneehöhe diese Wassermengen ungefähr abschätzen. Liegt im Februar oder sogar März eine reichliche Schneedecke, dann ist es besser, sich durch Stichproben (Ausstechen und Wiegen einer bestimmten Schneemenge) genauere Kenntnis zu verschaffen. So konnte der Schneewasseranteil am Hochwasser 1909 annähernd bestimmt werden, da an der Station Neukirch/Westerwald der Wassergehalt der Schneedecke gemessen wurde (vgl. S. 66).

Unter der „spezifischen Schneetiefe“ versteht man den Faktor, der angibt, welche Höhe der Schneelage dem Wasserwert 1 entspricht (Hann.-Süring S. 435). Recht übereinstimmend ergab sich dieser Wert an verschiedenen Orten mit verschiedenen Methoden im Mittel zu 10–12. D. h., daß eine Lage frisch gefallenen Schnees von 10–12 cm Höhe eine Wasserhöhe von 10 mm ergibt. Nasser

Schnee ist dichter, ebenso zusammengewehter. Im Laufe der Zeit nehmen die Schneelagen an Dichte zu, der Wasserwert steigt, der Wert der spez. Schneetiefe nimmt ab. Deshalb sind bei hohen Schneelagen Stichproben durch den HW-Meldedienst und die Talsperrenbewirtschaftung notwendig.

c) Die Größe der Verdunstung des Niederschlagsgebietes

Die Wassermengen, die im langjährigen Durchschnitt auf den Erdboden und seine Bedeckung als Niederschläge herabfallen, sind zu ihrem größten Teil, soweit sie durch exakte Messungen erfaßbar sind, im Lahngebiet recht sicher bekannt. Da es mit der Kenntnis der in den Gebieten der einzelnen Lahnzufüsse im Durchschnitt abfließenden Wassermengen wegen mangelhafter Pegel- und Abflußmengen sehr schlecht bestellt ist, ist es zweckmäßig, diese aus den Gebietsniederschlagshöhen zu erschließen, wenn die Größe der Gebietsverdunstung bekannt ist.

Mit dem Begriff der Verdunstung werden in der Gewässerkunde alle die Vorgänge bezeichnet, die eine Verminderung der Niederschlagsmengen bewirken durch Wasserdampfabgabe an die Atmosphäre vor und auch während deren Abfluß in den Gewässern. Man kann zwischen aktiver und passiver Verdunstung unterscheiden, indem man den Transpirationswasserbedarf der Pflanzenwelt der freien Verdunstung vom Erdboden und der Oberfläche seiner Bedeckung gegenüberstellt. Die im Untergrund in Überschußzeiten, hier im Winter, versickernden Wassermengen, die „Rücklagen“ im Grund- und Kluftwasser, kommen zum Teil als „Aufbrauch“ in niederschlagsarmen Monaten, vor allem im Sommerhalbjahr, noch zum Abfluß.

Für einen bestimmten Zeitraum gilt deshalb die Gleichung:

$$N = A + V + (R - B)$$

Darin bedeuten N, A und V die Niederschlags-, Abfluß- und Verdunstungshöhe in diesem Zeitraum, die in mm gemessen werden. $(R - B)$ ist die Wasservorratsänderung, die Differenz zwischen Rücklage und Aufbrauch. Die Niederschlags- und die Abflußhöhe kann direkt gemessen werden, aber nicht die Gebietsverdunstung und die Wasservorratsänderung. Sind N und A Mittelwerte einer mehr als 10-jährigen Jahresreihe, dann läßt sich die Größe der Gebietsverdunstung V als deren Differenz:

$$V = N - A$$

bestimmen, da bei einer Reihe von n Jahren der Mittelwert $\frac{\sum R-B}{n}$ klein wird, daß er vernachlässigt werden kann.

Nach K. Fischer (1925, S. 350 unten) stellt die Größe V dem Niederschlag gegenüber eine sog. Halbinvariante dar, d. h. sie ändert sich in einem Flußgebiet von Jahr zu Jahr bei oft sehr unterschiedlichen Niederschlagshöhen nicht wesentlich. Örtlich ergeben sich infolge unterschiedlicher Sondereigenschaften der Gebiete Abweichungen von einer Größe der Gebietsverdunstung bei „mittlerem Verhalten“ (vgl. Formel S. 46). Diese Sondereigenschaften können bestehen in Gestalt, Beschaffenheit und Bedeckung des Bodens, andererseits in klimatischen Verhältnissen, wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Wind, Art der Niederschläge.

a) Bestimmung der Gebietsverdunstung nach Erfahrungsformel

A. Penck versuchte in seinen „Untersuchungen über Verdunstung und Abfluß von größeren Landflächen“ 1896 als erster die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß für Böhmen in einer Formel darzustellen. Gültig für größere Landflächen fand er den Abfluß in Mitteleuropa nach weiteren Arbeiten (vgl. H. Keller 1906 S. 13):

$$A = (N - 420) \cdot 0,73, \text{ (A und N in mm).}$$

Wenige Jahre nach Penck versuchte W. Ule an der Saale (1903) das gleiche und erhielt ein abweichendes Ergebnis, ebenso wie Huber für die March eine andere Gleichung fand.

Penck und Ule gingen von einem genau untersuchten Gebiet aus und übertrugen ihr Ergebnis auf ganz Mitteleuropa. H. Keller (1906) dagegen sammelte alle in Mitteleuropa erreichbaren Daten und stellte seine bekannten Bezugslinien auf. Die Gerade für mittleres Verhalten wird bei ihm durch die Gleichung: $V = 0,058 N + 405$ dargestellt. Über und unter dieser Geraden liegen die Wertepaare von Gebieten mit abweichendem höheren oder geringerem Abflußvermögen entsprechend einer kleineren oder größeren Verdunstung. Keller erkannte, daß von den die Größe der Verdunstung bestimmenden Faktoren die Temperatur der wichtigste ist, der auch in seiner Größe am leichtesten erfaßt werden kann.

W. Wundt bearbeitete die 1914 von Keller erschienenen Untersuchungen neu. Er hatte statt 70 Flußgebieten nun 220 zur Verfügung und stellte die Verschiebung der Abflußlinien für stetige Temperaturänderungen von 5° zu 5° auf (Wundt 1937 und 1938).

Benutzt man die Tafel von Wundt, die es gestattet, bei bekanntem mittlerem Jahresniederschlag und mittlerer Jahrestemperatur die durchschnittliche Abflußhöhe in mm zu ermitteln, so erhält man für das Lahnggebiet mit rund 730 mm Niederschlag und einer Mitteltemperatur von $7,9^{\circ}$ (vgl. S. 23 und 33) eine durchschnittliche Jahresabflußhöhe von 280 mm und eine Gebietsverdunstung von 450 mm.

Der Wert von 450 mm für die Gebietsverdunstung entspricht dem durchschnittlichen Verhalten in Mittel- und Westdeutschland. Sondereigenschaften des Lahnggebietes mögen einen davon abweichenden Wert zur Folge haben.

K. Fischer (1925, S. 348 ff) führte zur Charakterisierung solchen Sonderverhaltens den Faktor γ in die Wasserhaushaltsgleichung ein, und es wird:

$$V = (6 - \gamma) \frac{N}{100} + (405 - 9\gamma);$$

Für $N = 731$ mm wird $V = 449$ mm und $\gamma = 0$;

$\gamma = 0$ gibt das Durchschnittsverhalten, $\gamma = +6$ die obere Grenze des Abflusses und die untere der Verdunstung, $\gamma = -6$ die untere des Abflusses und die obere der Verdunstung. Leider liegen aus benachbarten Gebieten mit ähnlichem geologischen Aufbau keine Verdunstungsbestimmungen vor, so daß versucht wurde, im Lahnggebiet selbst die Größe der Gebietsverdunstung und damit das Verdunstungsvermögen γ zu bestimmen aus mittlerem Niederschlag und Abfluß einer längeren Jahresreihe nach der einfachen Wasserhaushaltsgleichung, wo $V = N - A$ ist.

β) Versuch zur Verdunstungsbestimmung im Lahnggebiet

Trotz guter Abflußmessungen an der Driedorfer Talsperre in den Jahren 1939—1948 sind deren Ergebnisse für diesen Versuch ungeeignet, da die Bestimmung der mittleren Regenhöhe dieses Zeitraums unsicher ist. Deshalb wurden die für den Pegel Leun (N.G. 3 592 km²) gefundenen Abflußsummen, die das Landesamt für Gewässerkunde in Koblenz dan-

kenswerterweise zur Verfügung stellen konnte, zugrundegelegt. Die Reihe enthält die Jahre 1936—1944 und 1946—1948,

1. Abflußmenge: Im Mittel der 9-jährigen Reihe 1936—1944 flossen in der Lahn am Pegel Leun 1 123 hm³ Wasser ab; das sind bei einer Niederschlagsgebietsgröße von 3 592 km²

$$A = 313 \text{ mm}$$

2. Niederschlagsmenge: Der mittlere Jahresniederschlag in der Periode 1936—1944 beträgt nach der Berechnung S. 55: $N = 743 \text{ mm}$.

3. Gebietsverdunstung im Lahngebiet: Nach der einfachen Wasserhaushaltsgleichung: $V = N - A$ ist $V = 743 - 313 = V = 430 \text{ mm}$.

Diese Verdunstungsgröße hat einen Wert, der der Erwartung entspricht und für weitere Berechnungen als Grundlage dienen kann. In den Tälern und Becken wird das Abflußvermögen durchschnittlich sein ($\gamma = 0$, $V = 450 \text{ mm}$). Im vorherrschenden Berg- und Hügelland muß es jedoch höher liegen, und die Verdunstung wird dort zwischen 425 und 430 mm betragen.

Zur Berechnung der Abflußmengen in den Teilflußgebieten der Lahn (Tab. 14) wurde gleichmäßig eine Gebietsverdunstung von $V = 430 \text{ mm}$ zugrundegelegt.

Nach der Formel für V S. 46 errechnet sich der Faktor γ für das Lahngebiet zu 1,2; d. h. das Abflußvermögen ist wenig überdurchschnittlich.

γ) Der Jahresgang der Verdunstung

Da eine direkte Messung der Gebietsverdunstung nicht möglich ist, gelingt es auch nicht, durch langjährige Reihen von Niederschlags- und Abflußbeobachtungen die monatliche Verteilung der Verdunstung zu ermitteln. Mit der wirklichen Verdunstung stehen die Rücklagen im Winterhalbjahr und deren Aufbrauch im Sommerhalbjahr in Beziehung. Im langjährigen Mittel sind beide nahezu gleich (vgl. S. 45) und heben sich praktisch auf, so daß die Verdunstung aus der Wasserhaushaltsgleichung nur für das volle Jahr leicht zu erhalten ist.

Schon seit langem werden verschiedene Methoden zur direkten Verdunstungsmessung erprobt. Am besten haben sich bisher die Lysimeteranlagen bewährt. Große Blechkästen mit verschiedenen natürlichen Bodenarten und andersartiger Bodenbedeckung, die auf großen Waagen stehen, werden den klimatischen Einflüssen ausgesetzt und beobachtet. Solche in Eberswalde durchgeführte Messungen ermöglichten es, einen Verteilungsschlüssel der Verdunstung über die Monate in Prozenten der Jahressumme aufzustellen (vgl. W. Friedrich in „Hydrographie“ 1948), der in der folgenden Tabelle unter Nr. 1 mitgeteilt wird:

Verteilungsschlüssel der Verdunstung über die Monate in %

	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Wi	So	J
1)	2	1	1	2	5	8	16	17	17	15	11	5	19	81	100
2)	1	1	1	2	4	8	19	19	19	15	7	4	17	83	100
3)	3,1	2,4	2,6	3,1	5,5	9,9	13,8	15,8	16,1	14,2	9,0	5,2	25,9	74,1	100

1) nach W. Friedrich, Lysimetermessungen in Eberswalde.

2) nach Fischer, verwendet im Gebiet ob. Weser u. Diemel.

3) nach Penck, 1896, S. 490.

Werden diese Werte in die Wasserhaushaltsgleichung eingesetzt, so kann die Wasservorratsänderung ($R-B$) für Monate und Halbjahre im langjährigen Mittel errechnet werden (vgl. S. 55).

Der Schlüssel Nr. 3, der von A. Penck bei seiner Untersuchung des Wasserhaushaltes in Böhmen verwendet worden ist, wurde gewonnen nach der Methode der Verdunstungsmessung offener Wasserflächen (Wild'sche Waage). Die damals gewonnenen Prozentzahlen sind im Winter höher und im Sommer niedriger als die durch Lysimetermessungen gefundenen.

Die Schwierigkeiten der Verdunstungsmessungen sind bedingt durch die mannigfaltigen Naturbedingungen, die in wechselseitiger Ursache und Wirkung miteinander verwoben sind. Einmal sind es Klimaelemente wie Lufttemperatur und Feuchtigkeit, Luftbewegung und Sonnenstrahlung. Dann sind die Faktoren des Bodens wirksam, wie z. B. Korngröße, Oberflächenausformung, Bodenbearbeitung und chemische Bestandteile. Von großem Einfluß ist die Bodendecke, vor allem die Streudecke der Wälder. Weitere Faktoren sind: Bodenklima, Temperatur und Wassergehalt sowie Bodenfärbung. Wegen der Vielseitigkeit der Bedingungen ist es nicht möglich, absolute Zahlen für die Verdunstung des gewachsenen Bodens zu erhalten (vgl. M. Helbig 1930, S. 221—253). Über ein größeres Gebiet hin sind dennoch die Unterschiede in der Gebietsverdunstung, die durch verschieden wirkende Faktoren verursacht werden können, so gering, daß es erlaubt ist, mit Mittelwerten zu rechnen, ganz abgesehen davon, daß es keine andere Möglichkeit gibt, sich einen notwendigen Überblick zu verschaffen. Klimaunterschiede zwischen Höhenlagen und Tälern können durch verschiedene Wirkung der Klimaelemente auf die Verdunstung ausgeglichen werden. So stehen höhere Windgeschwindigkeit und Waldbedeckung bei niedrigen Temperaturen den windstilleren, offenen Tälern und Becken mit höheren Temperaturen gegenüber (vgl. Wald und Verdunstung S. 113).

d) Die Abflußverhältnisse

a) Die Größe des mittleren Abflusses

Die Wasserwirtschaft benötigt schon seit langem wenigstens angenäherte Werte der Mittelwasserspenden und -mengen für jede ihrer Aufgaben, so z. B. zur Bestimmung der Wasserkräfte in den einzelnen Flußgebieten. Zu diesem Zweck erschien nach mühevollen Vorarbeiten im Jahr 1914 das Werk „Die Wasserkräfte des Berg- und Hügellandes in Preußen und benachbarten Staatsgebieten“. Hierin sind für jedes Einzelgebiet aus dem mittleren jährlichen Niederschlag die mittl. Abflußgrößen berechnet worden. Seitdem aber sind die Niederschlagskarten wegen des dichteren Stationsnetzes und wesentlicher Erkenntnisse über die Niederschlagsverhältnisse im Mittelgebirge sehr verbessert worden. Es erschien daher nötig, die Berechnungen auf der Grundlage des Werkes von 1914 mit seiner Einteilung des Lahngbietes und den Gebietsgrößenangaben neu anzustellen.

Wie oben beschrieben, wurde der mittlere Gebietsniederschlag bestimmt. Die Gebietsverdunstung wurde für das ganze Lahngbiet gleichmäßig zu 430 mm angenommen (vgl. S. 47), gegenüber dem Wert von

380 mm, der 1914 für das Rheingebiet zugrundegelegt wurde. Daraus ergaben sich die in der Tabelle Seite 66 im Auszug mitgeteilten Abflußmengen in hm³ und m³/s und die Abflußspenden der Lahn und ihrer Zuflüsse in l/s. km² von der Quelle bis zur Mündung.

Die obere Lahn hat an der Ohmmündung ein um $\frac{1}{3}$ kleineres Niederschlagsgebiet als die Ohm, jedoch wegen der höheren Niederschläge eine fast gleiche mittlere Abflußmenge und eine dem Niederschlag entsprechende höhere Abflußspende. Demgegenüber übertrifft die Dill mit ihrem um 65 km² größeren Niederschlagsgebiet und fast gleicher Niederschlagshöhe die obere Lahn und die Ohm an Abflußmenge.

Tabelle 14

Mittlere jährliche Abflußmengen und -spenden.
(bei V = 430 mm)

Nr.	Flußgebiet	Entfernung von der Mündung in km	Mittlere jährliche Abfluß-					
			Höhe in mm	Menge in m ³ /s		Spende in l/s. km ²		
			einzelu Zufluß	gesamt Lahn	einzelu Zufluß	gesamt Lahn	einzelu Zufluß	gesamt Lahn
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Quelle bis 2	245,0	720	720	0,567	0,567	22,85	22,85
2	Rüppersbach	234,9	730	725	0,484	1,050	23,15	23,00
3	Ilse	234,3	680	714	0,286	1,338	21,55	22,70
5	Banfebach	226,5	630	679	0,758	2,398	20,00	21,55
6	Laasphebach		660	677	0,390	2,790	20,95	21,50
7	Perfbach	220,5	426	559	1,560	4,770	13,50	17,75
—	Pegel Biedenkopf		—	543	—	5,080	—	17,23
9	Dautphe	208,0	420	511	0,550	6,020	13,30	16,23
11	Wetschaft	189,5	242	402	1,525	8,27	7,69	12,75
13	Ohm	187,2	262	316	8,300	16,56	8,30	10,03
15	Allna	168,1	273	310	0,813	17,76	8,68	9,83
17	Zwester Ohm	159,3	235	305	0,561	18,58	7,46	9,69
19	Salzböde	156,7	277	303	1,220	19,86	8,81	9,62
21	Lumda	150,4	249	299	0,974	20,94	7,93	9,48
23	Wieseck	141,0	215	293	0,918	22,10	6,03	9,30
24	Bieber		230	291	0,262	22,34	7,20	9,26
26	Kleebach	137,5	199	285	1,042	23,50	6,30	9,03
29	Dill	123,6	395	307	8,960	32,89	12,51	9,75
30	Wetzbach	124,0	240	306	0,250	33,11	7,61	9,71
32	Solmsbach	115,4	273	304	0,973	34,32	8,66	9,64
34	Mühlbach	112,3	260	304	0,249	34,62	8,24	9,64
36	Ulmbach	105,6	414	305	0,773	35,67	13,12	9,67
38	Kallenbergbach	102,5	421	308	1,118	36,85	13,33	9,76
40	Weil	94,6	323	308	2,555	39,64	10,23	9,76
42	Kerkerbach	68,5	290	307	0,667	40,89	9,19	9,72
44	Emsbach	63,5	235	300	2,382	43,48	7,48	9,50
46	Elbbach	59,2	393	307	4,069	47,67	12,45	9,72
48	Aar	53,3	233	302	2,300	50,16	7,38	9,56
50	Rupbach	37,4	240	301	0,217	50,67	7,61	9,54
52	Dörsbach	27,3	273	301	0,997	51,84	8,65	9,54
53	Gelbach	26,7	361	303	2,533	54,38	11,43	9,60
55	Mühlbach	20,6	245	301	1,380	55,91	7,76	9,54
57	Emsbach	12,2	325	302	0,299	56,48	10,30	9,56
—	Lahnmündung	0,0	—	301	—	56,69	—	9,54

Die höchsten Abflußspenden sind im Jahresmittel naturgemäß in den niederschlagsreichsten Teilen des Lahngebietes vorhanden, im Lahnquellgebiet. Bei 1160 mm Niederschlag (vgl. Tab. 9 Nr. 2) erreicht der Rüppersbach einen Abfluß von 23,0 l/s. km² bei einer Abflußhöhe von 730 mm. Im Vogelsberg ist im Gebiet von Gilgbach und Streitbach, sowie an der oberen Felda, bei 920 mm Niederschlag die mittlere jährliche Abflußspende etwa 15,6 l/s. km². Im Dillgebiet fallen die höchsten Niederschläge im Gebiet der oberen Dietzhölze und im Dillquellgebiet. Hier treten Abflußspenden von 19,03 und 17,4 l/s. km² bei 1000 und 980 mm Regenhöhe auf und erreichen nicht ganz die Werte der benachbarten Quellgebiete von Sieg und Lahn.

Diese nach der Abflußgleichung errechneten Abflußmengen sind in der Praxis besonders deshalb wertvoll, weil sie dazu dienen können, die aus Pegelmessungen bestimmten Wassermengenwerte auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Das geschah an der oberen Lahn mit den Pegelwerten von Biedenkopf. Für Planungen der Wasserbautechnik genügt ja nicht der wie vorstehend ermittelte Wert der mittleren Abflußmengen. Wichtig sind die Extremwerte bei Hoch- und Niedrigwasser, die Häufigkeit und Andauer der verschiedenen Wassermengen im Mittel, sowie in trockenen und nassen Jahren. Die Ergebnisse des Pegels Biedenkopf waren deshalb umzuarbeiten, um als Grundlage der Planungen dienen zu können.

Es liegen vom Pegel Biedenkopf tägliche Lattenpegelablesungen aus den Wasserjahren 1944—1948 vor, das Jahr 1943 ist unvollständig, weshalb es ausscheiden mußte. Abflußmengenmessungen ermöglichten die Berechnung der Abflußmengen aus den einzelnen Pegelständen. Danach ergab sich die Abflußspende der Lahn am Pegel Biedenkopf im Mittel der fünf Jahre zu 15,4 l/s. km²

Versuche, die Pegelwerte der oberen Eder, die etwa gleichartige Abflußverhältnisse besitzt, mit diesen zu vergleichen und so zu verbessern, schlugen fehl. Der Pegel Müsse war als Lattenpegel ungeeignet, der Pegel Raumland am Odeborn ergab bei weitem zu hohe Werte wegen fehlerhafter Berechnung der Hochwassermengen.

Deshalb wurde der aus dem mittleren Jahresniederschlag berechnete Abflußwert am Pegel Biedenkopf (vgl. Tab. 14) herangezogen. Die Lahn hat dort nach dieser Tabelle eine mittl. Abflußspende von 17,23 l/s. km² bei einem Niederschlag-Gebietsmittel von 973. mm.

Die Differenz der gemessenen 5jährigen und der nach dem N-Mittel berechneten langjährigen Abflußspenden beruht nicht auf erheblichen Niederschlagsdifferenzen. Im Mittel lagen die Regenmengen der 5 Jahre nur 4,2% über dem langjährigen Mittel. Ein Hauptgrund wird die geringe Länge der Beobachtungszeit von nur 5 Jahren sein, aber auch die ungenaue Ablesung an der bei niedrigen Wasserständen unleserlichen Pegellatte.

Es galt nicht die gemessenen Wassermengen absolut zu berichtigen, sondern es war unsere Aufgabe, die mittlere Wassermengendauerlinie, die mittlere Verteilung der Wassermengen über das Jahr, möglichst angenähert aufzustellen. Die mittl. Wassermenge und -Spende wäre also mit dem Faktor $17,23/15,40 = 1,128$ zu erweitern gewesen. Es wurden jedoch die HW-Stände von der Erweiterung ausgenommen, da anzunehmen ist, daß diese Pegelstände richtig abgelesen wurden.

Daraus ergaben sich die in Abb. 9 beigegebenen Wassermengendauerlinien. Sie zeigen ein charakteristisches Bild, das hervorgerufen ist durch hohe Wasserstände im Winter und niedrige im Sommer. Die HW-Mengen fließen nur sehr kurze Zeit und nur selten im Sommerhalbjahr. So niedrige Wasserführung wie im Sommer hat die Lahn im Winter im Durchschnitt nicht zu verzeichnen. Von 365 Tagen im Jahr hat die obere Lahn am Pegel Biedenkopf an 257 Tagen eine unter dem Mittelwasser liegende Wasserführung (70 Prozent des Jahres).

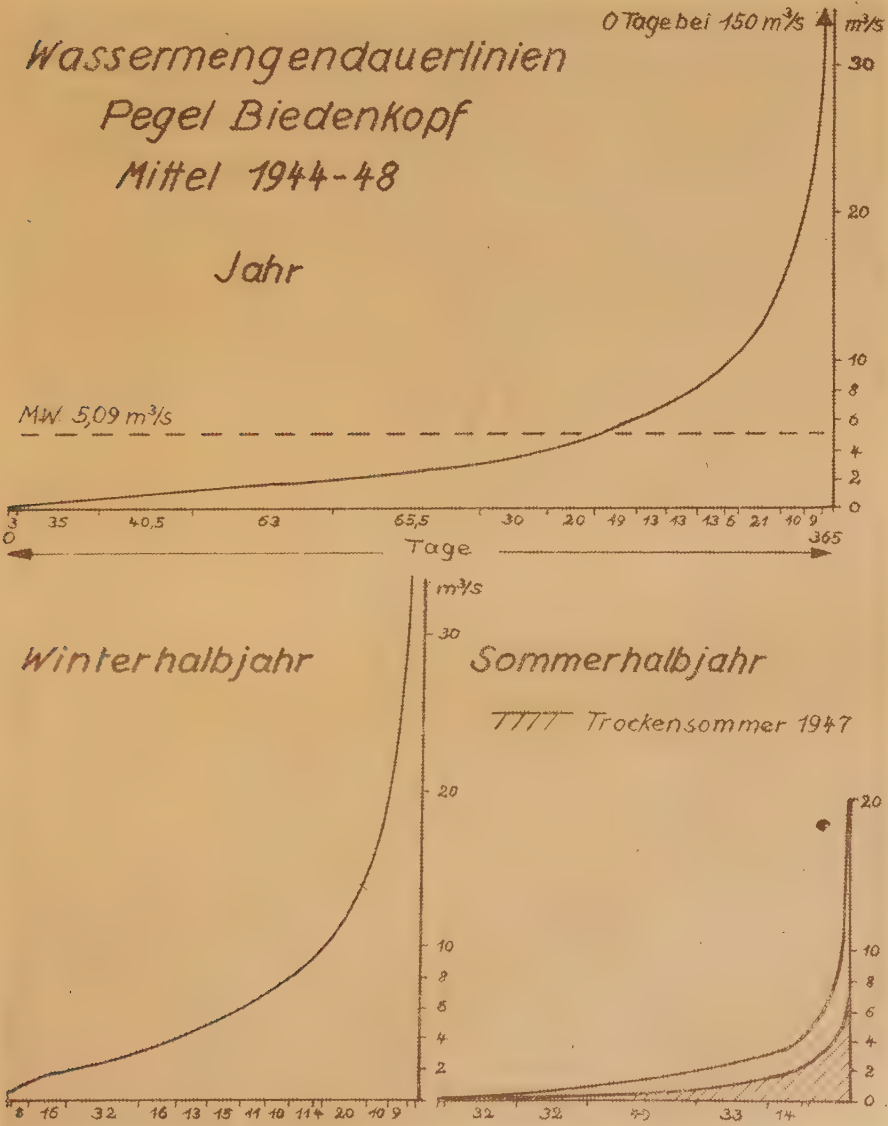


Abb. 9

β) Schwankungen der jährlichen Abflußmengen

Die Schwankung des Abflusses zwischen trockenen und nassen Jahren läßt sich trotz des kurzen Zeitraumes, für den Beobachtungsmaterial von der oberen Lahn vorliegt, ermitteln, da beide *Extremes* in den aufeinanderfolgenden Jahren 1947 und 1948 vertreten sind. Es ist jedoch zu beachten, daß das vorangehende Trockenjahr die Abflußmengen von 1948 erniedrigt hat.

Die Abflußspenden am Lahnpegel Biedenkopf betrugen 1947 10,5 und 1948 18,5 l/s. km² oder 328 und 583 mm und verhielten sich wie 1:1,78.

Die Niederschläge in Laasphe verhielten sich in den gleichen Jahren wie 1:2, in Biedenkopf wie 1:1,4.

Der *Schwankungsquotient* des Abflusses hat demnach einen höheren Wert als der des Niederschlags. *Wundt* (1948, S. 115) erklärt das folgendermaßen: Die Verdunstung schwankt zeitlich und räumlich wenig, d. h. es wird in trockenen Jahren nicht viel weniger verdunstet als in nassen. Der Abfluß wird also im Verhältnis zum Niederschlag in trockenen Jahren noch geringer und der Schwankungsquotient wird größer. Nach *Hellmann* schwankt der Abfluß in Mitteleuropa vom nassesten zum trockensten Jahr wie 1:2 bis 1:3.

Der Schwankungsquotient an der oberen Lahn von 1947/48 liegt also zu niedrig. Die Abflußsummen der Pegels *Leun*, die mit einer Unterbrechung (1945) 12 Jahre umfassen, lassen eine Verhältniszahl errechnen, die der von *Hellmann* angegebenen näherkommt:

Am Pegel Leun flossen 1943 215 mm ab, 1937 aber 412 mm, so daß der Schwankungsquotient 1 : 1,9 wird.

γ) Der Jahresgang von Niederschlag und Abfluß

Letztes Ziel der Untersuchung des Wasserhaushaltes eines Flußgebietes muß es sein, den Gang des Abflusses in Abhängigkeit von Niederschlag, Verdunstung, Rücklagen und Aufbrauch über die Monate des Jahres im durchschnittlichen Verhalten und für die einzelnen Jahre einer längeren Reihe zu verfolgen und zu erklären. Es ist dies eine Aufgabe, die eine besondere Untersuchung erforderlich macht, und wozu im Lahngebiet allein die Abflußmengendaten des Pegels Leun geeignet erscheinen. Dem Versuch, den mittleren Jahresgang der drei Faktoren des Wasserhaushaltes an den Pegeln Leun und Biedenkopf zu ermitteln, sei ein Überblick über den Jahresgang der *Wasserstände* an der oberen, mittleren und unteren Lahn vorangestellt. Das folgende Kurvenbild zeigt die mittleren Monatswasserstände in cm der Periode 1926/35 an den Pegeln Wallau oberhalb Biedenkopf an der oberen Lahn, Marburg und Gießen an der mittleren und Leun an der unteren Lahn:

Am geringsten ist das Monatsmittelwasser gewöhnlich im September. Zum Dezember nimmt es sehr schnell zu mit der geringen Verdunstung und mit höheren Niederschlägen, um sein *Maximum* im *Februar* oder *März** zu erreichen. Sehr rasch geht der Wasserstand gewöhnlich

* Das Januar-Maximum, welches hier zu beobachten ist, entspricht nicht dem wirklichen langjährigen Durchschnitt, nach dem der Februar oder März der abflußreichste Monat ist. Diese Erscheinung ist die Folge einer Reihe hoher Januar-HW in der verwendeten Periode 1926/35, auch die Abflußsummen der Periode 1936/44 (Tab. 15) weisen es auf.

im Frühjahr zurück, da hohe Schneelagen selten sind, die den Abfluß der Winterniederschläge hinauszögern könnten. Im Sommerhalbjahr nimmt der Wasserstand an allen Lahnpegeln langsam immer mehr ab bis zu seinem Septemberminimum.

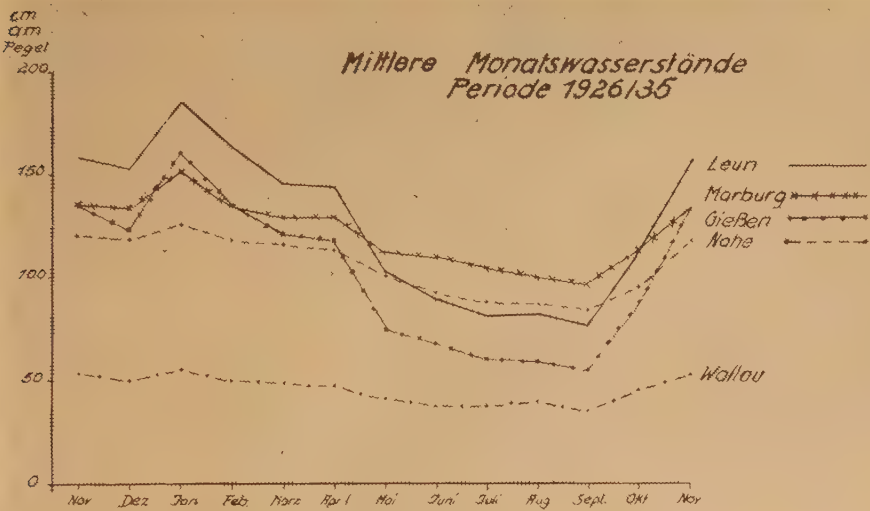


Abb. 10

Tabelle 15

Abfluß- jahr	November		Dezember		Januar		Februar		März		April	
	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm
1936	44,8	12,5	97,7	27,2	208	58,1	158	44,1	64,9	18,2	117	32,6
1937	110	30,7	204	57,0	177	49,4	396	110,0	219	61,1	183	51,1
1938	26,2	7,3	38,9	10,9	212	59,2	120	33,5	55,4	15,5	39,9	11,1
1939	107	29,8	93,7	26,2	350	97,7	84,7	23,6	165	46,0	143	39,5
1940	265	74,0	199	55,7	45,6	12,7	96,0	26,8	314	87,6	152	42,4
1941	240	67,0	96,6	27,0	192	53,6	184	51,3	239	66,7	81,0	22,6
1942	115	32,1	189	52,9	76,8	21,4	35,0	9,8	227	63,4	106	29,6
1943	49,8	13,9	77,5	21,6	116	32,4	161	44,9	44,9	12,5	85,8	24,0
1944	68,9	19,2	91,1	25,4	212	59,2	123	34,3	158	44,1	85,7	23,9
1945												
1946	37,9	10,6	76,0	21,2	91,5	25,5	387	108,0	188	52,5	58,5	16,3
1947	42,9	12,0	62,8	17,5	63,0	17,6	32,8	9,2	314	87,6	171	47,7
1948	36,7	10,2	147	41,0	308	86,0	300	83,7	61,6	17,1	63,7	17,8

Abfluß- jahr	Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober	
	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm
1936	60,6	16,9	77,4	21,6	52,5	14,6	53,6	15,0	39,9	11,1	53,8	15,0
1937	58,2	16,2	28,5	8,0	26,7	7,5	23,3	6,5	23,0	6,4	24,9	7,0
1938	55,3	15,4	42,7	11,9	22,9	6,4	41,9	11,7	58,1	16,2	60,9	17,0
1939	62,3	17,4	27,6	7,7	27,1	7,6	31,3	8,7	31,7	8,8	138,0	38,5
1940	42,7	11,9	30,1	8,4	36,9	10,3	33,3	9,3	63,9	17,8	58,4	16,3
1941	44,6	12,4	68,7	19,2	33,3	9,3	99,0	27,6	51,4	14,3	104,0	29,0
1942	42,4	11,8	61,5	17,2	62,8	17,5	41,0	11,4	28,2	7,9	40,8	11,4
1943	44,9	12,5	55,2	15,4	36,3	10,1	33,6	9,4	35,6	9,9	28,8	8,1
1944	30,6	8,5	33,8	9,4	60,4	16,8	42,2	11,8	25,9	7,2	57,1	15,9
1945												
1946	44,0	12,3	83,8	23,4	39,4	11,0	29,4	8,2	38,6	10,8	36,1	10,1
1947	41,2	11,5	29,1	8,1	27,5	7,7	21,8	6,1	16,5	4,6	20,3	5,7
1948	43,4	12,1	38,5	10,7	102,0	28,4	46,4	12,9	28,9	8,1	27,3	7,6

Abfluß- jahr	Winter		Sommer		Jahr	
	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm
1936	690	192	338	94,3	1028	287
1937	1289	360	185	51,6	1474	412
1938	492	137	282	78,7	774	216
1939	943	266	318	88,8	1261	352
1940	1072	299	265	74,0	1337	373
1941	1033	288	401	112,0	1434	400
1942	749	244	277	77,3	1026	286
1943	535	149	234	65,3	769	215
1944	739	206	250	69,8	989	276
1945						
1946	839	234	271	75,6	1110	310
1947	687	192	156	43,5	843	235
1048	917	256	287	80,2	1204	336

9jähriges Mittel der Periode 1936/44 in hm³ und mm.

November		Dezember		Januar		Februar		März		April	
hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm
114,0	31,8	121,0	33,8	176,8	49,2	151,0	42,1	165,4	46,1	110,6	30,8
Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober	
hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm
49,2	13,7	47,3	13,2	39,9	11,1	44,4	12,4	39,8	11,1	63,0	17,6
Winter		Sommer		Jahr							
hm ³	mm	hm ³	mm	hm ³	mm						
839	234	284	79	1123	313						

Zur Berechnung des Jahresganges von Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Niederschlagsgebiet der Lahn bis zum Pegel Leun dienten folgende Unterlagen:

1. Monats- und Jahresniederschlagssummen von 21 Stationen im betr. Gebiet der Periode 1936—1944 nach Auszügen aus dem Archiv des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, Zentralamt Bad Kissingen.

2. Mittlerer langjähriger Gebietsniederschlag des Lahngbietes oberhalb Leun (3592 km²) für das Jahr; nach Tabelle 9 S. 33, Nr. 34.

3. 30jähriges Niederschlagsmittel von den gleichen 21 Stationen wie unter 1. aus Tab. 40 des Band II der Klimakunde des Deutschen Reiches.

4. Monats-, Halbjahres- und Jahresabfluß-Summen der Periode 1933/44 am Pegel Leun in hm³, mitgeteilt vom Landesamt für Gewässerkunde Koblenz, nach Umrechnung in mm und Mittelbildung (vgl. S. 54).

5. Verteilungsschlüssel der Verdunstung (Seite 47, Nr. 1).

Damit wurde der mittlere Jahresgang der drei Faktoren des Wasserhaushaltes im Lahnggebiet auf folgende Weise errechnet: *

Tabelle 16

a) Mittlere Monats-Niederschlagssummen und Jahressummen. Im Mittel der Werte von 21 Stationen im Gebiet errechnen sich für die Periode 1936/44 folgende Summen:

Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Wi	So	Jahr
69	55	73	50	49	53	45	65	81	67	53	63	349	374	723

b) Mittel aus den Stationswerten liefern im Mittelgebirge nicht die Gebietsniederschlagssummen, wie sie die Isohyetenkarte gibt. Es wird deshalb das Mittel aus den mittleren langjährigen Jahressummen der verwendeten 21 Stationen (713 mm) mit dem Gebietsniederschlagsmittel oberhalb Leun (734 mm) verglichen. Die aus den Stationswerten errechneten Mittel unter a) sind mit dem Faktor $734/713 = 1,027$ zu erweitern, um Gebiets-Niederschlagssummen zu erhalten: **

N	71	56	75	52	50	54	47	67	83	69	54	65	358	385	743
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

c) Abfluß am Pegel Leun im Mittel der Jahre 1936—44 in mm:

—A	32	34	49	42	46	31	14	13	11	12	11	18	234	79	313
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	-----

d) Unterschied in mm:

—U	39	22	26	10	4	23	33	54	72	57	43	47	124	306	430
----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

e) Verdunstung. Jahresgang nach Lysimetermessungen.

—V	9	4	4	9	22	34	69	73	73	65	47	21	82	348	430
----	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

f) Rücklage im Winter und Aufbrauch im Sommer.

—R-B	+30	+18	+22	+1	—18	—11	—36	—19	—1	—8	—4	+26	+42	—42	0
------	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	---

* Auf die Berechnung des Jahresganges in den einzelnen Jahren wurde wegen der zu großen Schwierigkeiten der Niederschlagsbestimmungen in diesem Rahmen verzichtet; dies muß einer besonderen Bearbeitung überlassen bleiben, die auch zu versuchen hätte, weitere Jahre mit Pegelbeobachtungen am Pegel Leun verwendbar zu machen, da die Periode von 9 Jahren 1936/44 als einzige zu kurz erscheint, um sichere Aussagen darauf zu gründen.

** Die Winterniederschläge sind mehr als die des Sommers von der Orographie abhängig, doch wurde hier darauf verzichtet, dies zu berücksichtigen.

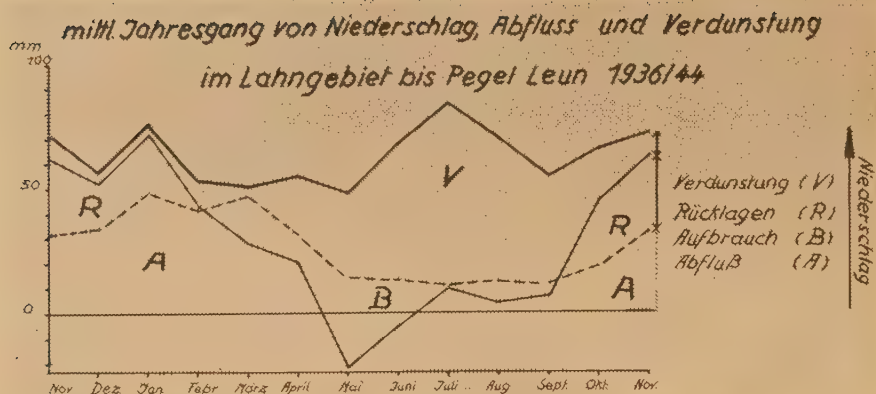


Abb. 11

Vorstehendes Diagramm soll die Änderung der Größen N, A, V und R—B im Laufe eines Durchschnittsjahres anschaulich machen. Der Niederschlagsgang zeigt die beiden Maxima im Winter und Sommer, sowie das Frühlingsminimum (vgl. Abb. 7). Die Verdunstung ist es jedoch, die den Abflußgang bestimmt: Dem Wintermaximum des Niederschlags folgt der hohe Abfluß in der Lahn in der Zeit des Vorfrühlings nach. In dieser Zeit fließen die Regenmengen evtl. zusammen mit Schneeschmelzwasser bei gefrorenem oder feuchtigkeitsgesättigtem und oft vegetationslosem Boden mehr oder weniger oberflächlich ab, während die Dezembarniederschläge noch den tieferen Bodenschichten zugutekommen. Im März handelt es sich wohl vor allem um die Folgen der Schneeschmelze im Bergland. Das Sommerregenmaximum macht sich im Abflußgang gar nicht bemerkbar, da die Niederschläge fast vollkommen von der aktiven und passiven Verdunstung verbraucht werden (V). Mit dem Ende des Sommerhalbjahres des Wasserjahres beginnen im Oktober bereits die Rücklagen (R), die im Dezember ihre größte Höhe erreichen, bis im März der Aufbrauch (B) wieder einsetzt und im Mai gleichzeitig mit dem Ansteigen der Sommerniederschläge sein größtes Ausmaß erreicht. Die Winterfeuchtigkeit wird also schon in den ersten Frühlingsmonaten durch nutzlosen Abfluß aufgebraucht.

Die Höhe der Rücklagen von +42 mm und des Aufbrauches von —42 mm sind im Vergleich zu den von Fischer 1932 (S. 16) für die obere Weser bis zur Diemel, einem viermal so großen Niederschlagsgebiet (Periode 1896/1915), sehr gering. Jedoch ist dort die Gebietsverdunstung zu 452 mm bestimmt worden, und als Anteil des Sommers an der Gesamtverdunstung werden statt hier 82 % dort 83 % angenommen. Dennoch ist die winterliche Speicherung des Lahngebietes als gering zu bezeichnen, was erklärlich ist in Hinsicht auf den hohen Anteil der wenig bis undurchlässigen Gesteine des Schiefergebirges am untersuchten Gebiet. Im Lahngebiet setzt der Aufbrauch auch früher und rascher ein als im oberen Wesergebiet (Lahn: März —18; Weser: März —6). In beiden Gebieten

liegt die Zeit des höchsten Aufbrauchs im Mai (Lahn —36; Weser —40), und auch der Jahresgang von N und A zeigt große Ähnlichkeiten.

Dies für das Lahngebiet gewonnene Ergebnis weist darauf hin, wie wichtig rücksichtsvolle Waldwirtschaft vor allem im Schiefergebirge ist. Sicher könnten die Waldböden durch geeignete forstliche Maßnahmen noch höhere Regenmengen zurückhalten, jedoch nicht so lange, daß diese bis in den Sommer hinein verfügbar wären. Nur Talssperrenbauten, wie sie auf der westfälischen Seite des Rheinischen Schiefergebirges und in der Eder-Talsperre schon seit langem fertiggestellt sind, können die überschüssigen winterlichen Regenmengen der Wirtschaft dienstbar machen und gleichzeitig wirkungsvollen Hochwasserschutz bieten.

e) Hochwasser der Lahn

a) Häufigkeit und Größe der Hochwasser

Vor allem sind es die Extreme der Witterung, die das Interesse der Öffentlichkeit erregen und sie zu Fragen über deren Ursachen anregen. Das gilt wie für Trockenzeiten, wie etwa den Sommer 1947, ebenso für das andere Extrem, die enormen Niederschläge in einigen Wintermonaten der vergangenen zehn Jahre, die eine mehrmals katastrophale Hochwasserführung der Lahn und ihrer Nebenflüsse zur Folge hatten. Wie stets nach solchen Naturereignissen, die sich den Menschen besonders nachhaltig einprägen, reifen neue Pläne, die die erfahrenen Schäden in Zukunft verhüten sollen, oder alte werden wieder aufgenommen. Größere wirkungsvolle Hochwasserschutz- und Bewässerungsmaßnahmen sind im Lahngebiet dennoch nicht zur Ausführung gekommen. Man beschränkte sich auf Uferbefestigungen, Regulierungen und Eindeichungen sowie Entwässerungen, die nicht immer dem gemeinsamen Interesse der Anwohner der Lahn dienen. Wenn gerade heute an die Verwirklichung wirkungsvoller HW-Schutzmaßnahmen gedacht wird, dann müssen diese so geplant werden, daß sie neben dem Hauptzweck der Schadenverhütung auch in Jahren ohne Katastrophenhochwasser Nutzen stiften und das andere Extrem der Wasserführung mildern, d. h. das Niedrigwasser in Trockenzeiten, anreichern können.

Wie die folgende graphische Darstellung (Abb. 12) über die Häufigkeit von Hochwässern der mittleren Lahn zeigt, sind Katastrophen-HW von Ausmaßen wie die vom Februar 1909 und Februar 1946 in unserem Gebiet gar nicht selten. Dies entspricht den westdeutschen Verhältnissen gegenüber den ostdeutschen mit dem im Odergebiet häufigen Auftreten von schadenbringenden Sommerhochwassern, zu deren Abwehr in den Sudeten Rückhaltebecken und Talsperren gebaut wurden. Es sind in den vergangenen 100 Jahren — erst seit 1851 liegen aus dem Lahngebiet Wasserstandsbeobachtungen vor — 20 ausgesprochene Katastrophen-Hochwasser zu verzeichnen gewesen, also etwa alle 5 Jahre eines. Schaden-Hochwasser traten von 1851 bis 1949 88 auf, das ist fast jedes Jahr eins.

Als das höchste aller bekannten HW der Vergangenheit gilt das von 1342, das im Juli auftrat und über weite Teile Deutschlands hereinbrach (Groth 1948 S. 6). Auch das Lahngebiet war von diesem Ereignis sicher schwer betroffen.

Die Marburger Stadtrechnung von 1742 erwähnt eine „große Wasserflut“, die die Cölber Brücke zerstört habe. Sommerliche Wolkenbrüche überschwemmten das Marbachtal am 4. 8. 1475, 18. 7. 1536, 28. 5. 1704, 16. 9. 1717 und am 5. 5. 1789. Von winterlichen Lahn-HW berichten die Aufzeichnungen Marburger Bürger, die W. Bücking (1886 S. 76—84) zusammengestellt hat. Am 10. 1. 1552 brachte nach langanhaltendem Regen ein HW die Weidenhäuser Brücke zum Einsturz. In Kassel hielt man dieses HW für größer als das von 1342. Ein Wolkenbruch im oberen Lahnthal soll die Lahn am 20. 11. 1614 zu hohem Anschwellen gebracht haben. Große Verheerungen hatte eine Hochflut am 5. 1. 1643 zur Folge, die in Kassel noch 2 Ellen höher gestiegen sein soll als die von 1552 (*Justi* 1838 S. 387). Von einem HW im Jahre 1711 spricht die Stadtrechnung von Marburg. Die Einwohner von Weidenhausen flüchteten wie im Januar 1643 auch am 16. 1. 1739 in die oberen Stockwerke ihrer Häuser. Am selben Tage wurde der Postwagen bei Cölbe von den Hochfluten umgeworfen, was sich am 7. 2. 1757 vor dem Elisabethentor wiederholte. Über das HW an der Jahreswende 1763/64 findet sich bei Bücking ein ausführlicher Bericht, der es als Folge langanhaltender Regenfälle vom 23. — 30. 12. erkennen läßt. Am 31. stürzte die Weidenhäuser Brücke ein; das Wasser hatte sich über die ganze Breite des Tales ausbreitet. Einen zweiten Höchststand erreichte die Lahn am 29. 1. 1764 nach Regenfällen am 10. und 11. 1. und 14. — 21. und 25. — 28. 1.

Der höchste Wasserstand der Lahn wurde nach Bücking im 19. Jahrhundert am 18. 1. 1841 erreicht.

Am Pegel Diez erreichte die Lahn bei diesem HW einen Höchststand von 7,66 m (nach dem Rheinstromwerk). Ein weiteres HW im Jahre 1875 stieg dort bis 7,11 m, das sind noch 35 cm mehr als die 6,76 m im Januar-Februar 1879, als in Gießen das seither höchste HW mit 5,25 m gemessen wurde. Es ist deshalb anzunehmen, daß 1841 die Lahn in Gießen bis etwa 6 Meter gestiegen ist.

Ein gruppenweises Auftreten von großen Hochwassern (über 6 m am Weserpegel Hann.-Münden) hat Groth (a. a. O. S. 42) für den Zeitraum 1844 bis 1948 deutlich gemacht. Im Zeitraum 1851—1948 läßt sich eine solche Gruppierung der HW-Stände auch an der Lahn erkennen, die fast der der Weserhochwasser gleichkommt. So hatte auch die Lahn von 1892—1900 kein größeres HW aufzuweisen, ebenso nicht von 1910—1915 (Weser bis 1916). Jedoch liegen die HW vom Nov. 1930 und 1931 der Lahn innerhalb der hochwasserfreien Jahresreihe an der Weser von 1927—1938.

Auffälliger als diese Gruppierungen ist besonders die Häufung hoher Wasserstände in einzelnen Jahresreihen, wie 1867—1871, 1876—1883 und 1944—1948. Nur in solcher Häufung von HW-Jahren, nicht in Gruppen von Jahren mit Höchstwasserständen kann sich m. E. auch eine Periodizität der HW, nach der man natürlich suchte, als man klimatische Perioden entdeckt hatte, bemerkbar machen. Sind doch Katastrophen-HW, wie noch zu zeigen ist, erst die Folge besonders ungünstiger Witterungsereignisse innerhalb eines vielleicht periodischen Verhaltens der Großwetterlagen. Über die Wahrscheinlichkeit der Wiederkehr eines schweren HW, das dem vom Februar 1946 ähnlich ist, sagt Groth, daß damit nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung frühestens nach einem Menschenalter zu rechnen sei. Der Pegel Gießen verzeichnete Höchststände wie 1946 im Beobachtungszeitraum 1851 bis heute vier Mal. Es trat also im Durchschnitt alle 25 Jahre ein schweres HW auf. Solche Katastrophen sind nicht vorherzusehen, und ein Zusammenwirken un-

Hochwasserauftreten von 1851 – 1948 am Pegel Giessen, Lahn

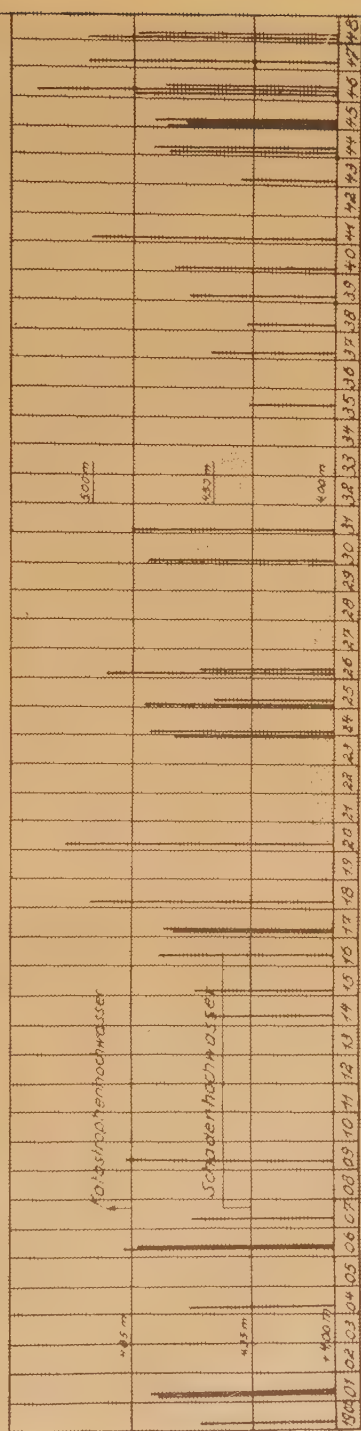
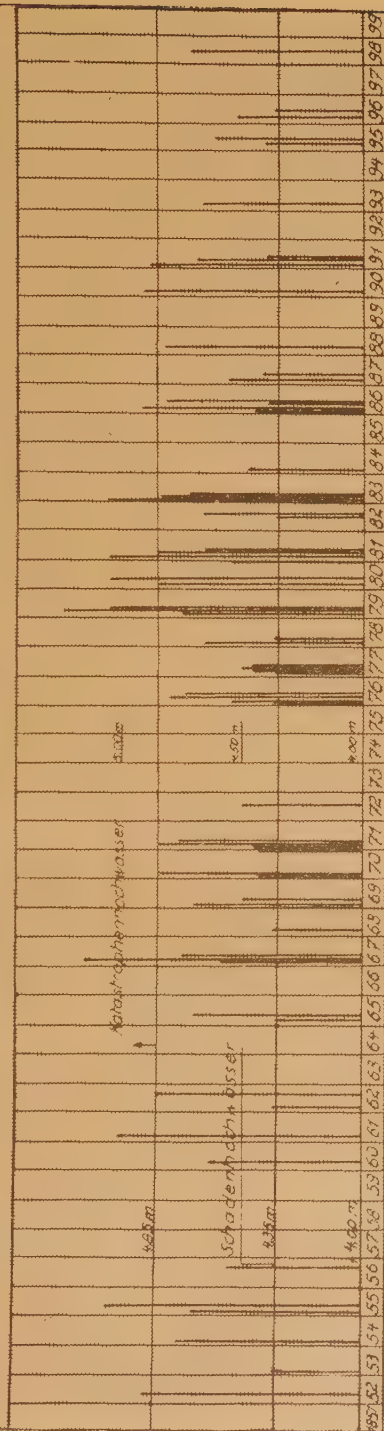


Abb. 12

günstiger meteorologischer Bedingungen, wie gefrorener Boden, hohe Schneedecke in den Gebirgen, danach rasch einsetzende Erwärmung mit erheblichen Regenfällen, kann in jedem Winter wieder solche Katastrophen bringen, wenn er nur einen reichlichen Niederschlag aufzuweisen hat.

Besondere Bedeutung besitzt die Tatsache, daß weitaus die meisten und größten HW-Erscheinungen in das Winterhalbjahr (Nov.—Anfang März vor allem) fallen. Die 138 HW mit einem Pegelstand über 0,80 m in Wallau an der oberen Lahn im Zeitraum 1888—1948 verteilen sich wie folgt auf die einzelnen Monate.

Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
15	16	33	22	16	8	4	3	2	6	4	9

In den Monaten Nov.—März lagen 102 HW, also 74 % der Gesamtzahl. Diese Verteilung ist für Westdeutschland charakteristisch, während schwere Sommerhochwasser als Folge der katastrophalen Regenfälle bei Vb-Wetterlagen in Ostdeutschland (vgl. S. 41) besonders das Odergebiet kennzeichnen (vgl. Knothe und Moese 1939).

Wegen der dadurch verursachten schweren Ernteschäden waren dort die Schutzmaßnahmen besonders dringend. Doch auch im Lahngebiet sind schon schwere Sommerhochwasser vorgekommen. Die höchsten Sommer-HW-Stände liegen gewöhnlich weit unter den Pegelständen, die bei Winter-HW erreicht werden. Abgesehen von dem obenerwähnten vom Juli 1342 ist eines vom Ausmaß eines großen Winter-HW bekannt. Im Juli 1862 stieg die Lahn am Pegel Gießen auf 4,85 m. In diesem Monat fiel mit 224 mm in Gießen 9 mm mehr Regen als im regenreichsten Juli der Periode 1891/1930 (vgl. S. 38). Hohe Wasserstände, die oft mehr als 4 m erreichten, wiesen ferner die Sommerhalbjahre 1856, 1871, 1872, 1878, 1879, 1882, 1898, 1924, 1942 und 1944 auf. Das Ereignis von 1924 ist besonders noch im Amöneburger Becken in frischer Erinnerung, weil es der Landwirtschaft schweren Schaden brachte. Erheblich waren dort die Folgen der Wasserbedeckung der Weiden, da durch sie eine Leberegelseuche ausgelöst wurde.

Die höchsten Pegelstände der Lahn wurden dennoch stets in den Wintermonaten gemessen. Als höchstes Hochwasser (HHW) galt bis 1946 am Pegel Gießen das HW vom Febr. 1879 mit einem Wasserstand von 5,25 m am Pegel. Es folgte in der Größenordnung das HW vom Januar 1867 mit 5,15 m.

In Diez sind schon die Pegelstände vom Januar 1841 mit 7,66 m und März 1845 mit 7,11 m bekannt. Bei dem HHW am Pegel Gießen wurden in Diez 6,67 m beobachtet. Da im Februar 1946 die Hauptwelle in Diez nur bis 6,95 m stieg, ist das Ereignis von 1841 als das schwerste bekannte Lahn-HW überhaupt anzusehen. Diese Tatsache zeigt, daß die HW der vergangenen Jahre nicht schwerer waren als die des vorigen Jahrhunderts.

Am 9. 2. 1946 wurden in Gießen wieder 5,25 m erreicht. Der Wellenscheitel dieser Hauptwelle lag in Wallau in 1,80 m Höhe. Zu den höchsten HW rechnet also nicht das bekannte Katastrophen-HW von 1909 — in Gießen stieg die Lahn im Wellenscheitel nur bis 4,85 m und in Wallau bis 1,60 m — obwohl es in Anbetracht der verursachten Schäden dem Februar-HW 46 vielleicht gleichgesetzt werden kann. Zu begründen ist dies da-

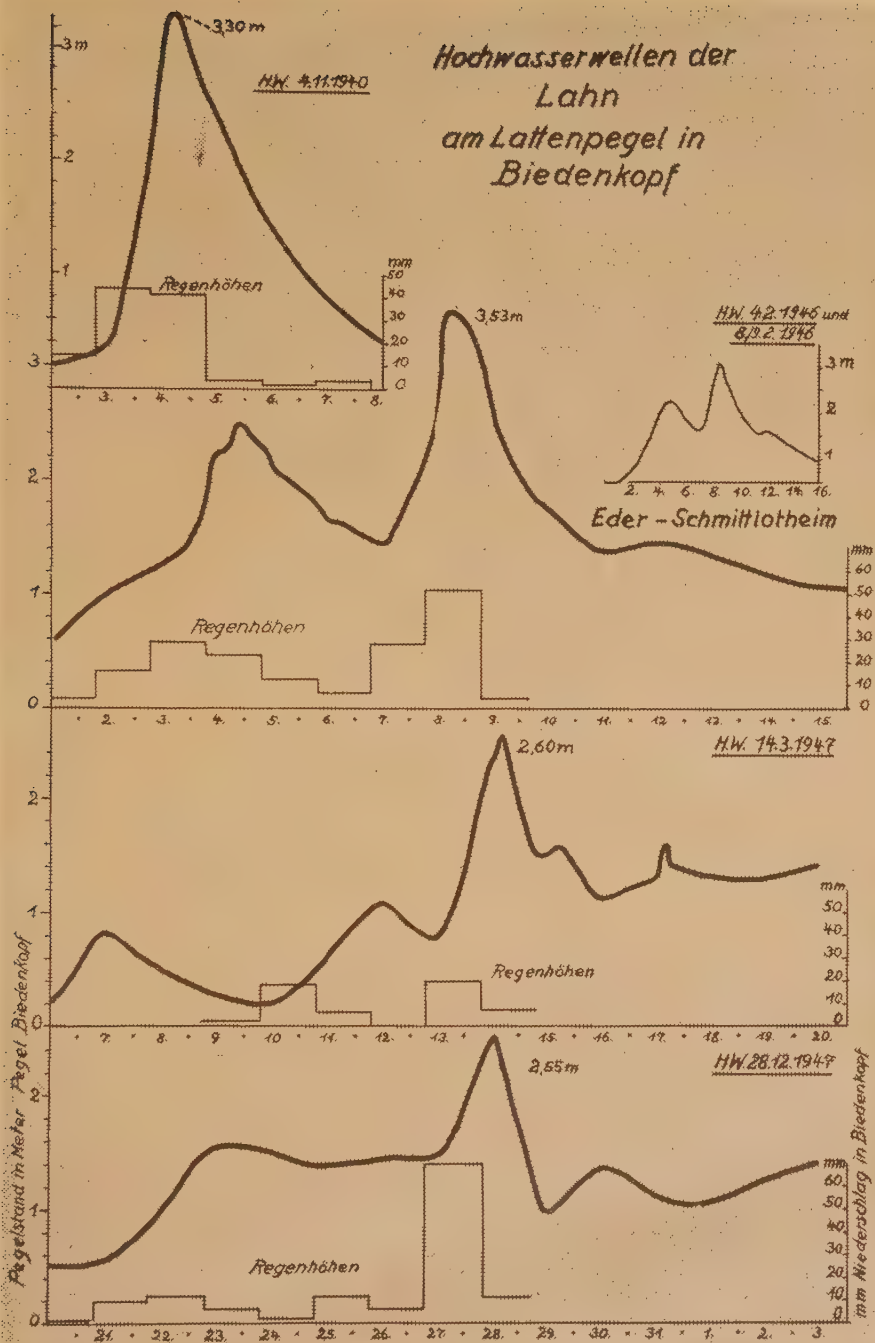


Abb. 13

durch, daß nicht allein die Höhe des Wellenscheitels der Maßstab ist für die zerstörende Kraft eines HW, sondern auch die Abflußdauer hoher und höchster Wassermengen. Ein Vergleich der HW-Mengenkurven von 1909 und 1946 (Abb. 14) ist geeignet, diese Tatsache zu veranschaulichen: Die größere Breite des Wellenscheitels von 1909 weist hin auf die erhebliche zerstörende Kraft des Hochwassers.

Verlauf verschiedener Hochwässer in der Lahn am Pegel Biedenkopf

Niederschlagsgebiet 235,3 km²

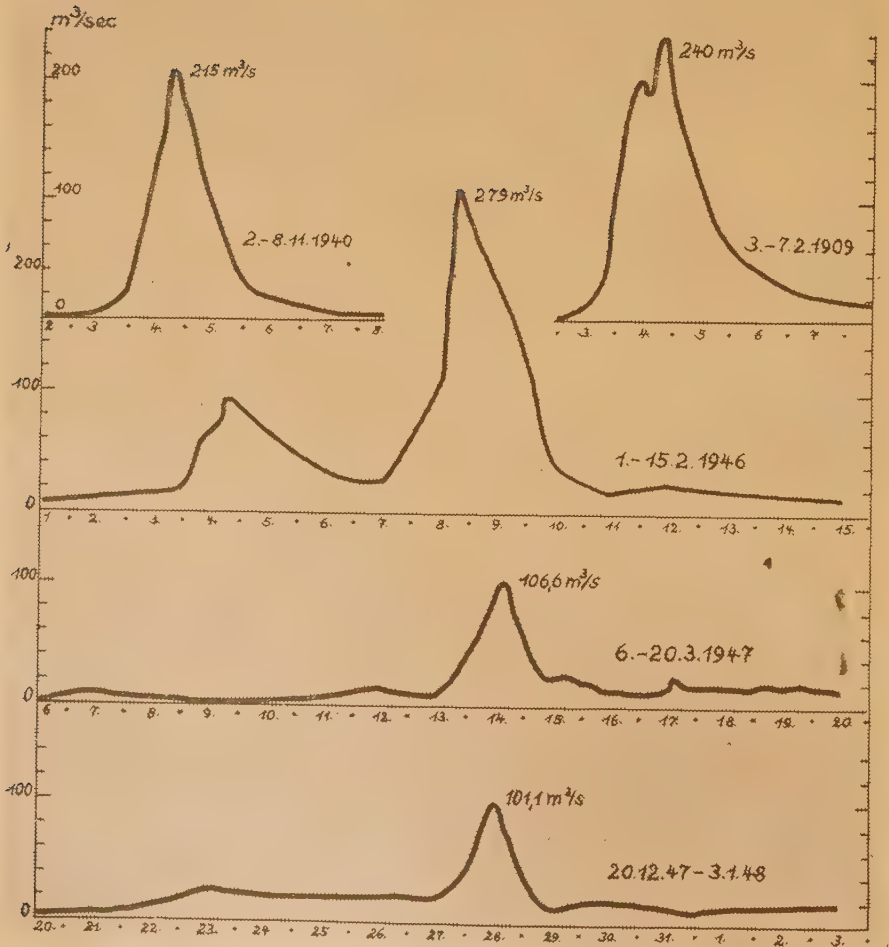


Abb. 14.

Die typische Form einer HW-Welle, des zeitlichen Bildes der Wasserstände oder Wassermengen an einem Pegel, zeigte das HW vom 2.—8. 11. 1940. Charakteristisch ist der steile Anstieg bis zum Scheitel und der allmähliche Abfall zu niedrigen Werten (Abb. 13 u. 14). Diese klare Wellenform war die Folge von zwei Tage anhaltenden erheblichen Regenfällen, die plötzlich einsetzten und wieder schnell abbrachen. Eine besondere Seltenheit bedeutete die folgenschwere Doppelwelle von 1946 mit zweimaligem An- und Abschwollen in einer Vor- und einer Hauptwelle. Sie entsprach fast genau dem Niederschlagsgang vom 4. bis 12. 2. 46, nur daß die Hauptwelle dem höchsten Niederschlag schneller nachfolgte, der Regen schneller zum Abfluß kam, als es bei der Vorwelle der Fall war. Auch hier zeigt erst die Wassermengenkurve den wahren Größenunterschied zwischen Vor- und Hauptwelle, die enormen Wassermengen, die die Hauptwelle abführte im Vergleich zur Vorwelle. In dieser Darstellung, die allein etwas über die Kräfte und die Gefährlichkeit von Hochwassern aussagen kann, verlieren die in der Kurve der Wasserstände (Abb. 13) noch eindrucksvollen HW von März und Dezember 1947 viel an Bedeutung.

Solche Doppel-HW-Wellen bilden auch die HW vom Dez./Januar 1919/20. Doch treten sie an Größe weit hinter dem Ereignis vom Februar 1946 zurück. Einer breiten zweigipfligen Vorwelle vom 24. 12. bis 1. 1., die in Gießen einen Höchststand von 3,89 m und in Nassau nicht das mittlere HW (MHW) der Periode 1896/1920 erreichte, folgte in größerem Abstand von etwa 2 Wochen die Hauptwelle mit einem Scheitel bei 5,90 m in Nassau, 5,12 m in Gießen. Es handelt sich also weniger um ein HW mit Doppelwelle als um zwei nahegelegene Einzelereignisse (vgl. Jb. f. d. Gewkde. Nordd., Bd. 5, Nr. 2, 1929).

Schon diese wenigen Beispiele von HW-Wellen vermitteln einen Eindruck von der Mannigfaltigkeit der HW-Erscheinungen. Wie es nicht zwei völlig gleiche Witterungsereignisse gibt, tritt auch nie ein HW in seinem Ablauf ein zweites Mal in Erscheinung. Zu viele Faktoren sind es, die diese bedingen und damit das Kurvenbild zeichnen. Einmal sind es Stärke und Art der Niederschläge, dann die vor und während der Niederschläge herrschenden Temperaturen. Dazu kommen die Zustände von Boden und Vegetation, abgesehen von Eingriffen des Menschen in den Abflußvorgang durch Stauanlagen, Eindeichung oder Bebauung des Talquerschnittes durch Brücken und Häuser.

Im folgenden Kapitel soll durch einen Überblick über die Ursachen der HW versucht werden, den Anteil der einzelnen Faktoren am Gesamt-ablauf der HW im Lahnggebiet so gut wie möglich kennen zu lernen. Der Techniker hat dann zu untersuchen, welche Möglichkeiten er hat, durch Beeinflussen eines oder mehrerer dieser Faktoren den HW-Abflußvorgang zu steuern, um Schäden zu verhüten und das Wasser zu nutzen.

β) Entstehungsbedingungen für größere Hochwasser

Stets gehen überdurchschnittliche Niederschlagsmengen den HW-Erscheinungen voraus oder parallel. Fallen diese als Regen, dann spiegelt die HW-Kurve im An- und Abschwollen den Niederschlagsgang mit einer mehr oder weniger großen zeitlichen Verschiebung wieder (vgl. Abb. 13 u. 14). Anders muß dies natürlich sein, wenn zur Zeit der Regenfälle eine höhere Schneedecke vorhanden ist. Die Intensität des HW

hängt dann vor allem von der Dauer des Tauvorganges ab, die abhängig ist von der Temperatur der warmen Meeresluft, bei deren Eindringen das Tauwetter eintritt. Für die Entstehung von HW sind also rein meteorologische Vorgänge ausschlaggebend.

Als in den Wintermonaten der Jahre 1945—48 sich die HW häuften, wurde oft die Frage gestellt, wie groß der Einfluß der Landschaftsumbildung durch den Menschen auf die HW sei. Für die Entstehung selbst wäre eine Beeinflussung der Großwetterlagen in Mitteleuropa notwendig, die nicht nachweisbar und auch unwahrscheinlich ist. Daß die Intensität der HW, die Abflußgeschwindigkeiten und die Höhe der Wellenscheitel, mannigfachen Einflüssen durch menschliche Tätigkeit unterliegt, wird im folgenden deutlich werden. Kahlschläge befördern den Oberflächenabfluß (vgl. S. 113). Unvernünftige Regulierungen der Gewässer und zu enge Deichbauten verhindern die Ausuferung der Wassermassen, wodurch sich deren Geschwindigkeit erhöht. Damit nimmt der Wellenscheitel an Höhe zu und die zerstörende Kraft des Wassers wächst. Durch Maßnahmen, die der Zurückhaltung der Niederschlagsmengen dienen und den Oberflächenabfluß verringern helfen, muß der Mensch die durch seine eigene Tätigkeit vergrößerte HW-Gefahr verringern.

Welches sind die typischen Hochwasserwetterlagen, die dem Lahngbiet HW bringen können?

Die Beantwortung dieser Frage wäre leicht, wenn es solche Typen gäbe, und wenn man die Wetterlagen über den Zeitraum von 100 Jahren mit HW-Beobachtungen statistisch erfassen könnte. Wegen der Vielseitigkeit der Witterungserscheinungen schon kann es solche Typen nicht geben. Ein weiterer Grund ist, daß der Meteorologe erst seit etwa 30 Jahren, seit der Entwicklung der modernen synoptischen Meteorologie, hinreichend über den Ablauf der Witterungserscheinungen unterrichtet ist. Erst seitdem werden Wettervorhersagen gegeben, die sich auf Beobachtungen gründen, die sich über die gesamte nördliche Halbkugel erstrecken, und deshalb einen hohen Stand von Sicherheit erreicht haben. So ist es möglich, ein Bild zu erhalten von den meteorologischen Ursachen der Niederschlagsereignisse, die zu den schweren HW der letzten Jahrzehnte führten. Eine Betrachtung von Einzelbeispielen mag dies näher erläutern:

Wie bei Beschreibung der Niederschlagsverhältnisse ist auch hier zu unterscheiden zwischen den Entstehungsbedingungen für HW im Winter und im Sommer.

Das Wetter Westdeutschlands ist in den Wintermonaten bestimmt durch vorherrschende Westwetterlagen mit dem Vordringen feuchtwarmer Meeresluft von Westen nach Osten. Ausgezeichnet sind diese durch die in gleicher Richtung mit der Westwinddrift ziehenden Zyklonen. Im einzelnen sind dies Vorgänge, die nur Teilstücke des Großwettergeschehens darstellen, das sich in der Westwindzone der nördlichen Halbkugel abspielt. Frostwetter tritt ein, wenn sich das festländische Hochdruckgebiet nach W hin ausdehnt und die Störungen nicht ins Land dringen läßt. In dieser Zeit kühlt sich schneefreier Boden bis in tiefere Schichten ab, er gefriert und wird wasserundurchlässig. Setzt sich das Westwetter mit seiner Zyklonentätigkeit wieder durch, dann kommen die an den „Fronten“ fallenden Niederschläge schneller als bei ungefrorenem

Boden zum Abfluß. Schon damit ist also eine Voraussetzung zur HW-Entstehung gegeben. Fast die gleichen Voraussetzungen werden geschaffen, wenn das Westwetter längere Zeit anhält, Regenfälle und Schneeschmelzwasser den Boden sättigen. Treffen dann ergiebige Dauerregen auf gefrorenen oder wassergesättigten Boden, so tritt leicht höchstes HW ein. Die eine oder die andere der beiden Voraussetzungen ist im vorgeschrittenen Winter eigentlich stets erfüllt. Eine dritte Möglichkeit, daß vorhergehende Niederschläge als Schnee fielen, kann noch verheerendere Folgen haben, wenn eine kräftige Tiefdruckstörung mit Regenfällen bei hohen Temperaturoegensätzen auftritt. Bestimmend für die HW-Entstehung ist also nicht nur der HW-Regen selbst, sondern auch die vorausgegangenen Wetterlagen, ihre Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse. Schon daraus erklärt sich die große Veränderlichkeit der Art und Größe der Hochwasser.

Die schwersten HW-Katastrophen, die in der Zeit auftraten, aus der gute meteorologische Beobachtungen vorliegen, sind die von 1909 und 1946 gewesen. Wie schon bei Betrachtung der HW-Wellen erwähnt wurde, sind die Entstehungsbedingungen nicht die gleichen gewesen. Während Schneeschmelzwasser 1946 kaum zum Abfluß kam, hatte es an der HW-Menge 1909 einen erheblichen Anteil.

Das HW im Februar 1909:

Bis 29. 1. 09 stand Mitteleuropa unter dem Einfluß eines Hochdruckgebietes mit östlichen Winden, der Böden gefror. Bis zum Morgen des 30. 1. drang eine Depression von der Nordsee her nach Süden bis zu den Alpen hin vor und verlagerte sich langsam ostwärts. Die Schneeniederschläge ließen nach, als sich am Morgen des 2. 2. ein Hoch von Westeuropa über Mitteleuropa ausbreitete. Eine neue tiefere Zyklone wanderte von Island her über Großbritannien heran, das Zentrum eines Teiltiefs lag über dem Skagerrak, ein zweites Tief östlich Island. Am SW- und S-Rande der Hauptzyklone entlang zogen am 3. und 4. 2. zahlreiche Teilzyklonen über Westdeutschland, es handelte sich wahrscheinlich um eine sogenannte „Schleifzone“. Der Einbruch ozeanischer Luftmassen erreichte sein Ende durch die Ausbreitung des sw-europäischen Hochs, das bis zum Morgen des 7. ganz Mitteleuropa einbezogen hatte.

Vom 29. 1 bis 2. 2. schneite es bei Westwind, der am 4. 2. Stärke 7 erreichte, täglich. Lahnhof erhielt 47 mm Schneeniederschlag. Die höchste Schneedecke betrug in Neukirch-Salzburg im Westerwald 63 mm. Im Taunus wurden 50 cm gemessen und auch Marburg hatte 12 cm Schnee. In der Nacht zum 3. 2. setzte der Regen ein, die Lufttemperatur stieg von 4° am 3. 2. bis auf 8° am 4. 2. In Marburg wurden am 4. und 5. sogar 11° gemessen. Die höchsten täglichen Regenmengen fielen am 3. und 4. 2. und erreichten im Westerwald an beiden Tagen Höhen über 60 mm. Erst am 7. und 8. 2. sank die Regenmenge an einigen Orten wieder unter 1 mm. Sehr plötzlich ging das Schmelzen der Schneedecke vor sich. Infolge des Regens und der Wärme genügten 24 Stunden, um sie in Neukirch-Salzburg von 63 cm auf 20 cm zu verringern (vgl. Tab. 16).

Tabelle 17 Hochwasser-Niederschlagsmengen in mm.

1. Februar — HW 1909

Station	14.-17.1.	30.	31.	1.2.	2.2.	3.2.	4.2.	5.2.	6.2.	7.2.	8.2.
Erndtebrück	12,5	.	8,3	6,1	10,8	16,7	57,2	30,2	27,0	3,7	5,4
Laasphe	20,1	.	10,5	4,1	9,9	8,0	44,5	29,7	12,4	3,4	1,1
Marburg	22,4	1,0	8,0	2,0	4,1	2,5	11,5	7,5	4,1	1,3	1,0
Driedorf	29,7	3,0	3,8	10,0	8,7	2,8	20,0	70,0	25,0	0,2	.
Wetlar	30,3	.	1,7	1,7	1,3	8,0	14,0	7,2	4,7	3,2	1,4

Schneehöhe in cm

28.1.

Marburg	.	3	17	16	18	14	0	.	.	.	.
Neukirch	5	.	.	31	.	63?	20	.	.	.	13

Wassergehalt von 1 cm

Neukirch	1,9	.	.	1,6	.	.	3,8	.	.	.	1,7
----------	-----	---	---	-----	---	---	-----	---	---	---	-----

2. November 1940

	31.10.	1.11.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.11.
Erndtebrück	.	7,8	0,3	30,8	67,5	40,5	3,7	3,4	6,1	.
Biedenkopf	.	7,8	.	13,1	43,0	41,1	2,5	1,1	3,4	.
Marburg	.	5,0	.	9,5	15,6	37,7	2,0	1,5	2,3	.
Driedorf	.	6,7	.	19,2	42,9	36,2	3,8	3,3	0,3	.
Wetlar	.	3,1	.	9,8	33,4	26,5	1,5	0,8	0,1	.

3. Februar 1946

	4.2.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Gesamt
Erndtebrück	36,4	38,1	16,8	10,2	45,2	73,2	11,4	221,3
Biedenkopf	29,5	23,2	11,9	6,2	28,4	52,0	3,7	154,9
Marburg	16,0	13,8	4,0	5,8	12,8	27,6	0,0	80,0
Driedorf	20,3	25,9	9,0	19,1	42,2	41,0	6,5	164,0
Wetlar	14,5	14,3	1,6	4,1	17,6	25,0	1,1	78,2

4. Dezember 1947

	19.12.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.12
Erndtebrück	11,4	0,1	.	18,6	39,4	12,1	9,6	16,5	9,8	63,4	18,4
Biedenkopf	.	(6,3)	1,0	10,0	12,0	5,5	2,0	12,0	6,4	65,0?	11,0
Marburg	.	6,1	(0,5)	(2,5)	(10,0)	(1,5)	(2,0)	(5,0)	(5,5)	(32,5)	(8,0)
Driedorf	.	13,3	.	10,4	16,1	10,0	12,7	12,5	9,8	84,2	19,6
Wetlar	.	5,6	.	2,7	4,0	1,5	2,0	7,2	2,9	54,9	10,8

5. November 1939

	25.11.	26.11.	27.11.	28.11.	Gesamt
Erndtebrück	3,8	11,7	50,5	46,4	112,4
Biedenkopf	1,8	3,7	34,0	32,9	72,4
Marburg	3,0	2,8	18,3	17,6	42,7
Driedorf	2,6	33,2	20,8	25,5	82,1
Wetlar	3,0	2,3	32,7	16,4	54,4

In den Regenmengen vom 3.—6. 2. 09 prägt sich deutlich die Stau- und Föhnwirkung des Rheinischen Schiefergebirges aus. Mit den höchsten Niederschlagsmengen wurden Sauerland und Westerwald überschüttet. Im Sauerland fielen in 200—400 m Seehöhe etwa 80—125 mm, auf dem Kahlen Astenberg 183 mm. Auf dem Hohen Westerwald waren es in 300 bis 400 m Höhe rund 150 mm. Gegen das Lahntal zu nahm die Regenmenge rasch ab und stieg weniger im Taunus, mehr im Vogelsberg wieder an. Entsprechend der großen Ausdehnung des Niederschlagsgebietes über Mitteleuropa war das vom HW betroffene Gebiet: umfaßte es doch größere oder kleinere Teile der Flußgebiete von Maas, Rhein und Ems, Weser, Elbe, Oder und Donau. Sogar in der Weichsel trat noch eine Anschwellung auf (z. T. nach *Gerbing* 1909 S. 457).

Das Februar-HW 1946:

Über die meteorologischen Ursachen des Februar-HW 1946, das durch die gefährliche Doppelwelle ausgezeichnet war und das wie das HW 1909 weite Gebiete betraf, berichtet ausführlich *W. Hartmann* (1948).

Auch hier waren es mehrere dicht hintereinander herlaufende Zykklonen, die in der Zeit vom 4.—9. 2. erhebliche Niederschläge brachten. Am 2. und 3. bildeten sich drei Okklusionen aus, von denen die beiden letzten den meisten Regen brachten, der am 4. 2. gemessen wurde. Die Okklusionen entstanden dadurch, daß maritime Kaltluft, die um ein südlich Island festliegendes Tief herumgeflossen war, die Warmluft über Westeuropa einholte. Am 4. 2. lief eine Welle über NW- und Mitteldeutschland hinweg von WSW nach OSO, deren Niederschlagsbereich sich über 1200 km erstreckte. Am 5. 2. hatte sich die Kaltluft durchgesetzt, es traten nur noch Schauer auf. Bei den Azoren begann ein neuer Vorstoß subtropischer Warmluft, doch die Front löste sich auf. Am 7. 2. war die Warmfront einer Randstörung über Ostengland und Nordfrankreich zu erkennen. Am 8. 2. war aus der Randstörung eine Welle geworden, die von WNW nach OSO verlaufend fast 1800 km lang war und über NW-Deutschland zog. Eine zweite Welle, die am 8. vor der irischen Küste zu erkennen war, entwickelte sich zu einem kleinen Tief, das mit seinem Kern genau über das mitteldeutsche Bergland zog. Bei gut ausgeprägter Warm- und Kaltfront war das Kernregengebiet 700 km breit.

Auch dieser HW-Wetterlage ging Frostwetter voraus bei anhaltendem Hoch in der zweiten Januarhälfte. Im Gebirge soll der Boden bis 40 cm Tiefe gefroren gewesen sein. Die Niederschläge fielen an der Nordgrenze der subtropischen Warmluft, die während der ganzen Zeit von WSW nach ONO über Deutschland hinweglief. Auch hier handelte es sich um eine „Schleifzone“

Der Verlauf der Wetterlage prägt sich in den täglichen Niederschlagsmengen aus. Den regenreichen Tagen des 3. und 4. 2. folgen die regenärmeren mit Schauerwetter am 5. und 6. Besonders ergiebig waren die Dauerregen vom 7. und 8., die bis 9. gemessen wurden und die Haupt-HW-Welle zur Folge hatten. Die Niederschlagshöhen der einzelnen Stationen zeigen wie 1909 große Abhängigkeit von der Lage zu den Gebirgen und sind beeinflußt von deren Luv- und Leewirkung. Die Karte der Niederschlagssummen vom 4.—10. 2. (Abb. 15) möge dies veranschaulichen. Schnell nehmen die Niederschläge von ihren höchsten Werten über 200 mm

im Rothaargebirge mit dem Ostabfall des Schiefergebirges ab bis auf 60 mm im Amöneburger Becken, um im Vogelsberg und Taunus wieder bis weit über 100 mm anzusteigen. Einen Begriff von der Größe der Niederschlagsmengen gibt ein Vergleich mit den Schnee- und Regenmengen des Februar 1909, die etwa 25 % unter denen von 1946 lagen trotz ihrer längeren Dauer.

Das HW 1925/26:

Eine besondere Bearbeitung erfuhr auch das HW um die Jahreswende 1925/26 zur Untersuchung der HW-Ursachen und der Zweckmäßigkeit wasserwirtschaftlicher Maßnahmen, da diese z. T. für die Schäden verantwortlich gemacht worden waren. Es konnte erwiesen werden, daß die meteorologischen Vorgänge zur Erklärung der HW-Erscheinungen ausreichten. Die Regenfälle folgten auf eine Schneeschmelze — nur im Harz waren gleichzeitig noch Schneereste vorhanden —. Dadurch war der ungefrorene Boden vorher vom Schneewasser gesättigt worden, und das Regenwasser floß schnell ab. Im Lahngebiet waren die Niederschläge verhältnismäßig gering, weshalb auch das HW nicht so bedeutend war, wie im Sieg-, Wupper- und Wesergebiet (vgl. Jb. f. d. Gewkde. Nordd. Bes. Mittlg. Bd. 5.).

Interessant ist das Bild der Wetterkarten jener Tage: Bei W—O verlaufenden dichtgedrängten Isobaren ab 26.12. wehten heftige warme Winde in der gleichen Richtung und gleichzeitig mit der Ausbildung dieser Wetterlage setzte der Regen ein. Am 30.12. war der Luftdruckgradient vom südlichen Hoch zum nördlichen Tief am größten, die Winde erreichten Stärke 7—8. Die mittleren Tagestemperaturen stiegen in Frankfurt von 4,1° am 26.12. bis 13,5° am 30.12. an. Die Hauptregenmengen wurden am 30. und 31. gemessen

Auch hier liegt eine „Schleifzone“ vor. Diese von *Bergeron* und *Svoboda* eingeführte Bezeichnung einer besonderen Westwetterlage findet sich in den Wetterübersichten der „Täglichen Wetterberichte“ des Wetterdienstes in der US-Zone wieder an den Tagen im Winter 1947 und 48, die dem Lahngebiet HW brachten, nämlich am 7. und 8. 4. 1947, am 29. 12. 47, am 14. 1. 48 und am 31. 1. 48. Man ist versucht, hier von einer typischen HW-Wetterlage zu sprechen, doch gilt das nur zum Teil. Können doch die Wellenstörungen in der Schleifzone mehr oder weniger schnell hintereinander über Mitteleuropa hinwegziehen, wovon die Dauer der Niederschläge abhängt, die wichtigste Voraussetzung für HW. Ferner kann sie selbst mehr nördlich oder südlich verlaufen, sie kann sich von NW nach SO verlagern, wie sie es am 1. 2. 48 tat, oder sie kann nach Süden wandern, immer weiteren Gebieten Niederschläge bringen, wie am 14. 1. 48.

In einer Bearbeitung des Neckar-HW vom 29./30. 12. 47 weist *F. Monheim* (1949) auf die Tatsache hin, daß von den 6 größten bekannten HW in Heidelberg allein 3 auf die Singularität des Weihnachtstauwetters (*Flohn's* T3 vom 25. 12. bis in die ersten Januartage) entfallen. Besonders der Rhein führt in dieser Zeit oft HW (*Springstube* 1936). Von den hier besprochenen HW fallen 3 in diese Tage, die von 1919/20, 1925/26 und das von 1947, wobei aber nur die beiden letzten Schaden-HW sind, wo jedesmal eine Schleifzone auftrat.

Charakteristisch sind die erheblichen Luftdruckdifferenzen zwischen dem skandinavischen Tief bei dieser HW-Wetterlage als Ausläufer der isländischen Zyklone und dem Hochdruck über dem Mittelmeergebiet. In den eben angeführten Fällen betrugen sie 45—50 Millibar. Die Temperaturen lagen im Zentrum der Schleifzone stets zwischen 10 und 12°. Diese Verhältnisse entsprechen dem Schema einer Schleifzone, das *T. Bergeron* zeichnete (vgl. *Bergeron* 1930 S. 249). Er bezeichnete dort die Schleifzone als „quasistationäre Luftscheide“, wo sekundäre Kaltluftstaffeln sich andauernd von NW herandrängen. Die Warmluft gleitet über der Kaltluft und erzeugt auf der ganzen langhinziehenden Zone kräftige Niederschläge. Charakteristisch ist, daß die Wellenstörungen „sich längs der Grenzfläche abrollen“, klein bleiben und sich in einem Gebiet kräftiger Temperaturgegensätze entwickeln.

Die Niederschlagsverteilung der HW-Regen im Lahnggebiet entspricht der Tatsache, daß die HW-Regen gewöhnlich bei westlichen Winden während ausgeprägter Westwetterlagen fallen. Die in Abb. 15 beigelegten Karten zeigen grundsätzlich die gleichen Verhältnisse, die wir bereits von der Verteilung der mittleren Jahressummen kennen. Der größte Teil des Lahnggebietes liegt im Regenschatten des Rheinischen Schiefergebirges. Die Leewirkung reicht in den Tälern der Dill und der oberen Lahn weit ins Gebirge hinein. Doch die Luvwirkung des NW-Hanges des Gebirges überschreitet merklich die Wasserscheide, eine Tatsache, auf die *Böttcher* (1941) bei der mittleren Niederschlagsverteilung hinweist. Das Amöneburger Becken hat wie im langjährigen Mittel auch bei diesen Einzelercheinungen die geringsten Niederschläge im hier bearbeiteten Gebiet. Im Vogelsberg nimmt die Niederschlagsspende wieder mit den größeren Höhen zu, doch es werden nicht mehr so hohe Werte wie im Rothaargebirge und Westerwald erreicht.

Die im Sommerhalbjahr eingetretenen HW-Stände der Lahn lassen sich weder ihrer Größe noch ihrer Häufigkeit nach mit denen des Winters vergleichen (vgl. S. 60). Und doch fielen die höchsten Niederschlagsmengen gewöhnlich gerade in den Sommertagen; diese waren es aber nicht, die zu den seltenen Katastrophen führten. Stets handelte es sich bei ihnen um gewittrige Starkregen, wie den vom 9. 7. 44 (vgl. S. 41) oder vom 11. 6. 41 mit den 105,4 mm in Rauschenberg, ausgezeichnet durch kurze Dauer und geringe Ausdehnung des Niederschlagsgebietes.

Die eigentlichen Sommer-HW hatten ähnliche Ursachen wie die des Winters. Hohe Tagesmengen fielen meist in Begleitung von Gewittern während ausgeprägter Westwetterlagen, die längere Zeit das Witterungsbild bestimmt hatten. Dennoch führten sie nie zu einem so mächtigen Ansteigen der Gewässer wie gleiche Regenmengen im Winterhalbjahr, infolge der hohen, durch die Vegetation geförderten Verdunstung und der wasserhaltenden Wirkung des durch ein Pflanzenkleid vor Verschlammung geschützten Bodens. Der größere Teil der hohen Wasserstände der Lahn während des Sommerhalbjahres fällt wie in den Jahren 1880, 1898, 1923 und 1932 in die Übergangsmomente Mai und Oktober; sie stehen den Winter-HW nahe. Hier sollen deshalb nur die reinen Sommer-HW in den Monaten Juni und Juli des Jahres 1942 betrachtet werden.

Der Pegel Wallau verzeichnete am 1. 6. 42 einen Wasserstand von 88 cm und am 24. 7. von 111 cm, wobei der vom 24. 7. schon den Verhältnissen eines mittleren Winter-HW entspricht. Schon ab 9. Mai überfluteten milde Meeresluftmassen ganz Mitteleuropa. „In den eingelagerten

Störungslinien kam es vielfach zu gewittrigen Regenfällen, besonders in den westdeutschen Bergländern“ sagt der Deutsche Witterungsbericht 1940—44 (S. 32—34). Nach kurzer Unterbrechung gingen im Verlauf einer weiteren Störung erhebliche Niederschlagsmengen nieder. Am Monatsende wurde die feuchtwarme Tropikluft von Westen her durch wesentlich kühlere Luft abgelöst, die wieder erhebliche Niederschläge mit vielfach gewittrigen Regenfällen brachte. Anfang Juni schloß diese Westwetterperiode mit einem Einbruch arktischer Meeresluft von NW her ab. Am 1. 6. wurden im oberen Lahn- und Ohmgebiet Regenmengen zwischen 21 und 38 mm gemessen, und zwar die höchsten Werte von 38,4 mm auf dem Hoherodskopf und 36,1 mm in Ulrichstein im Vogelsberg, doch auch in Marburg 31,9 und Fronhausen/Lahn 33,0 mm. Im Hinterland und im Lahnquellgebiet wurden keine 20 mm erreicht. Die Höhenabhängigkeit der Niederschläge, die bei Westwetter im Winter so deutlich ist, ist durch die Gewittertätigkeit in den Niederungen gemildert worden.

Anders war die Niederschlagsverteilung, die zum Sommer-HW am 24. 7. führte. Hier erhielten Rothaargebirge und Vogelsberg, die Quellgebiete von oberer Lahn und Ohm, die höchsten Regenmengen, der Höhenlage entsprechend (Lahnhof am 23. 7. 43,4 mm, Mandeln 53,1 mm, Dilschhausen 27,6 mm, Hoherodskopf 40,3 mm). Daß diese Regenfälle zu HW führten, ist die Folge der allgemeinen Sommerwetterlage gewesen. Besonders der Juli war kühl und naß. Es kam am 11. und 12. zum Durchzug eines für die hochsommerliche Jahreszeit ungewöhnlichen Sturmtiefs. Ein am 17. 7. über NW-Deutschland ausgebildetes Höhentief löste im nw-deutschen Flachland außerordentlich hohe Niederschläge aus (am 18. wurden auch in Löhlbach (Kr. Frankenberg) schon 27,6 mm, in Gemünden/Wohra 22,2 mm gemessen). Ostdeutschland wurde gleichzeitig von lebhafter Vb-Entwicklung in Mitleidenschaft gezogen. Am 23. zog ein Sturmtief beiiedereinsetzender Westlage von W nach O und wurde durch die hohen Niederschläge Ursache des Sommer-HW der Lahn. Erst am Monatsende unterbrach Hochdruck über Mitteleuropa das kühle Westwetter. Die große Regenhäufigkeit und -ergiebigkeit des Sommers 1942 und besonders des Juli mit seinen niedrigen Temperaturen hatte zur Sättigung des Bodens geführt und zu einem hohen Wasserstand der Gewässer, der der durchschnittlichen Winterwasserführung der Lahn fast entsprach. Dies waren die Voraussetzungen für die Entstehung des HW, das seinen Höhepunkt durch die hohen Niederschlagsmengen im Gebirge erreichte.

Daß sich hohe und höchste Sommerniederschläge auch weiter Verbreitung wenig auf den Wasserstand auswirken, wenn keine erheblichen Regenfälle vorausgingen, mag das Beispiel vom Juni 1926 zeigen:

Nachdem schon am Morgen des 20. 6. zwischen 10 und 20 mm Regen gemessen worden waren, brachte dieser Tag mit dem Vorüberzug einer Tiefdruckstörung mit Gewittern starken Niederschlag, der seine größte Höhe zwischen Edersee und Amöneburger Becken erreichte. Der Hauptwindrichtung des 20. 6. entsprechend lagen die Orte mit Tagesmengen um 70 mm in der meridionalen Richtung: Korbach (66,0), Thalitter (70,7), Schreufa (70,5), Haina (70,7), Rosenthal (71,5) und Kirchhain (71,0). Die Ohm stieg am Pegel Hainmühle von 14 cm am 17. 6. 26 auf 40 cm am 18. 6. und 90 cm am 19. 6. Erst am 23. lag ihr Wasserstand wieder tief bei 20 cm. Das mittlere Sommer-HW liegt jedoch an diesem Pegel in der Periode

1896/1925 bei 164 cm. In Marburg stieg die Lahn um 35 cm vom 17. bis zum 19. Auch Leun, Limburg und Nassau verzeichneten höhere Pegelstände, die aber nicht oder nur wenig über dem mittleren Sommer-HW lagen.

Das Kallenbachtal-Unwetter vom 26. 8. 41 und die schweren Gewitterregen im Wohratal vom 21. 6. 24, vom Juni 1941 und Juli 1944 (vgl. S. 40—41) wirkten sich nicht wesentlich auf die Wasserführung der Lahn aus, da es sich hier um räumlich begrenzte Niederschlagsereignisse handelte.

Für die Bemessung von HW-Schutzraum ist demnach die Kenntnis der absolut höchsten Niederschlagsmengen wertlos. Es ist vielmehr notwendig, die an der geplanten Staustelle vorgekommenen und in Zukunft zu erwartenden HW-Mengen, sowie die HW-Mengen der Lahn überhaupt, zu erfahren, wenn man abschätzen will, wie weit man den ganzen Fluß durch Staumaßnahmen beeinflussen kann. Zur Durchführung dieser wichtigen Untersuchungen genügen die bisherigen Unterlagen und Beobachtungseinrichtungen nicht. Notwendig ist eine weitere Verdichtung des Niederschlagsbeobachtungsnetzes in den Quellgebieten der Flüsse und vor allem aber die Einrichtung weiterer geeigneter Schreibpegelstellen.

γ) Ablauf von Hochwasserwellen

Auf die Schwierigkeiten, die sich den HW-Abflußmessungen entgegenstellen, wurde bereits hingewiesen (vgl. S. 28). Ihnen ist es auch zuzuschreiben, daß wir über die höchsten von der Lahn abgeführten Wassermengen noch sehr im Unklaren sind. Noch mehr gilt das von den Nebenflüssen. Einmal sind zu wenig Pegel in Betrieb, und dann liegen von keinem Pegel einwandfreie HW-Abflußmessungen vor. Um den Abflußvorgang kennenzulernen, dem wir uns zunächst zuwenden wollen, benötigen wir diese allerdings noch nicht; dafür sind vielmehr möglichst häufige Pegelablesungen (2- bis 4stündig) während des Ablaufs einer oder mehrerer HW-Wellen die Grundlage.

Was für ein Gebilde stellt eine HW-Welle eigentlich dar? Einige ihrer verschiedenen Erscheinungsformen zeigten schon die Kurvenbilder der Abb. 13 u. 14. Es sind Kurven, die sich aus den Wasserständen (oder Wassermengen) zu verschiedenen Zeiten an einem Pegel zeichnen lassen. Sie geben also nicht etwa das überhöhte wirkliche Bild einer die Lahn hinabwandernden Welle wieder, obwohl man diese sich annähernd so vorstellen darf. Es handelt sich auch nicht um ein „Gebilde“ bestimmter Form, wie es bei einem Massentransport einer Flüssigkeit, die sich über die Gleichgewichtslage erhebt, nicht anders sein kann. Von den Seiten her strömt Wasser zu, wenn Nebenbäche einmünden, nach den Seiten strömt es, wenn das Tal sich weitet und überflutet werden kann. Nur so ist es auch zu verstehen, daß die Geschwindigkeiten der Strömung ein vielfaches der Geschwindigkeit der Wellenscheitel flußabwärts betragen, was man nicht miteinander verwechseln darf.

Wie stark die Form der Wellen von Gang und Höhe des Niederschlags abhängig ist, wurde bereits besprochen (vgl. S. 63). Doch sie ändert sich auf dem Wege flußabwärts noch ständig (vgl. Abb. 16 u. 17). Füllt das HW breite Talräume, wie in der Ohmniederung, dann erniedrigt sich der Wellenscheitel, die Fließgeschwindigkeit und die sekund-

liche Abflußspende werden geringer. Rücken die Talwände zusammen und engen das HW-Bett ein, dann erhöht sich die Geschwindigkeit der Strömung, und das Wasser kann durch Stau wieder ansteigen. Das gleiche geschieht bei künstlichem Einengen durch Brücken, Dämme und Deiche. Bei stark regulierten Flußläufen wird zwar das HW schneller abgeführt, aber die Höchstwasserstände können schwere Schäden im Unterlauf anrichten, besonders dann, wenn keine Ausuferungsmöglichkeit besteht, wie im unteren Lahngebiet.

Beachtenswert ist die Verschärfung der im Ober- und Mittellauf so breiten Welle von 1909 im Unterlauf (vgl. Abb. 17), was nicht nur durch das Überlagern der Dillwelle zu erklären sein dürfte, sondern auch durch die plötzliche Einengung der Wassermassen im Durchbruchstal der unteren Lahn.

Zufließende Wellen der Nebenbäche vermögen je nach der Größe ihrer Wassermengen und ihrem zeitlichen Eintreffen der Hauptwelle ihre Eigenart aufzuprägen. Sie können sich der Lahnwelle direkt auflagern oder es kann bei Voraneilen, wie bei der Dillwelle, und Nacheilen, wie bei der Ohm, zu einem teilweisen Überlagern kommen. Daß die Welle der Dill früher als die der Lahn an der Dillmündung eintrifft, ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, wie sich das größere Gefälle und der kürzere Weg auswirken müssen, ganz im Gegensatz zur Ohm mit dem längeren Weg gegenüber der oberen Lahn und der bremsenden Wirkung durch das Ausufern im Amöneburger Becken. Eine Überlagerung kommt zustande bei dem fächerförmigen Zusammenströmen der Nebenbäche bei Laasphe. Die langgestreckte, rechteckige Form des Einzugsgebietes der Lahn ist an sich für das Abführen der HW-Massen günstig. Die Wellen der Seitenzuflüsse des Unterlaufes sind bereits abgeflossen, wenn die Hauptwelle, die vor allem von oberer Lahn, Ohm und Dill gebildet wird, dort eintrifft (vgl. S. 11). Sie allein ist schon so mächtig, daß sie sogar den Rhein merklich beeinflusst, da sie die Niederschlagsmengen der reichsten Teile des Lahngebietes enthält.

Für das HW 1909 (Abb. 16) läßt sich zwar der Einfluß der Dill recht gut erkennen, leider fehlen aber aus dieser Zeit noch Pegelbeobachtungen von oberer Lahn und Ohm.* Danach kann auch die Geschwindigkeit des Wasserscheitels nicht bestimmt werden, weil die Welle eine gar zu große Breite besitzt, wobei der Scheitel kaum ausgeprägt ist.

Besser gelingt dies bei einem gut ausgebildeten Wellenscheitel, wie ihn das HW vom Februar 1946 und das vom Dezember 1947 aufwiesen. Einem Bericht des Wasserwirtschaftsamtes — Amt für Vorarbeiten — Dillenburg ist folgende Tabelle entnommen worden, deren Zahlenangaben Beispiele dafür sind, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen in beiden Fällen etwa gleichgroß war, trotz der Unterschiede im Ausmaß der beiden HW:

* Wegen Rückstau durch die Lahn können die HW-Angaben vom Pegel Hainmühle keine brauchbaren Unterlagen abgeben.

Verlauf der HW-Welle

2. - 8.2.1909

(nach Bearbeitung des Wasserstraßenamtes Diez)

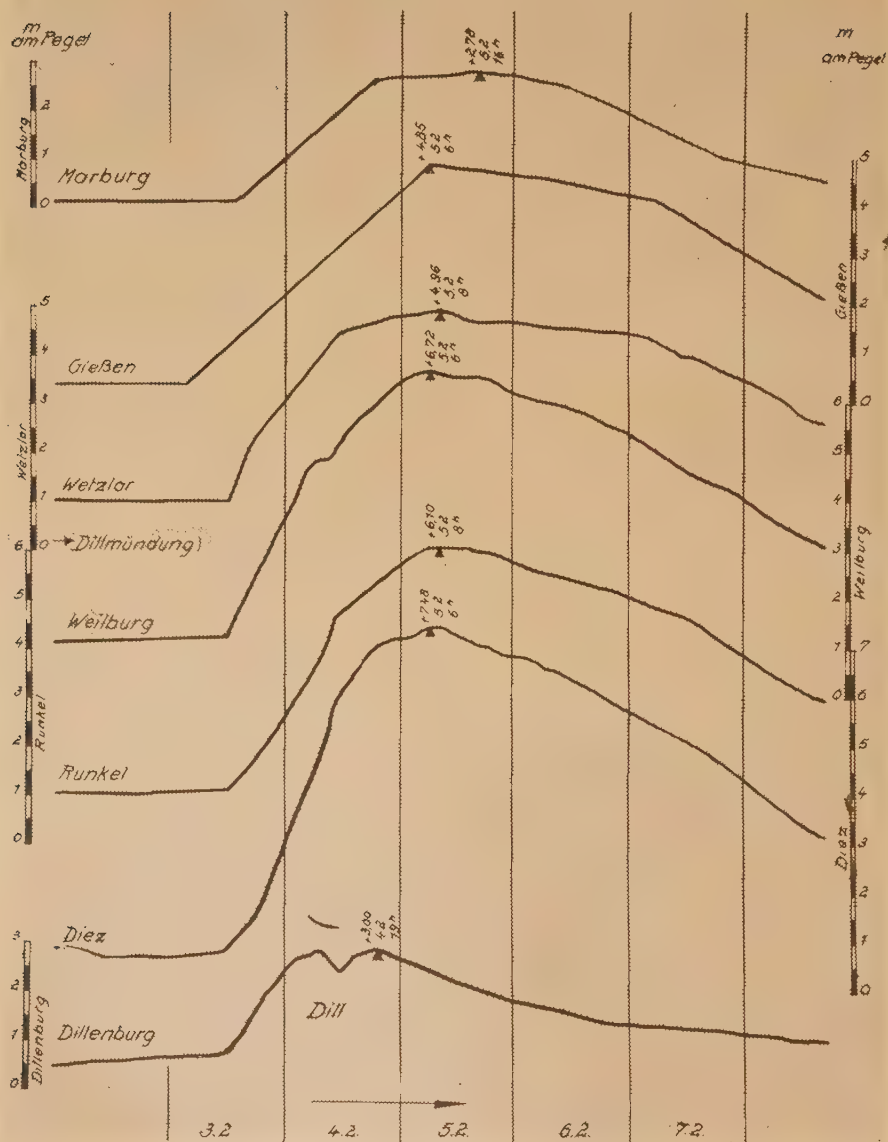


Abb. 16

Verlauf der HW-Doppelwelle
4. - 11.2.1946
in Lahn, Ohm und Dill

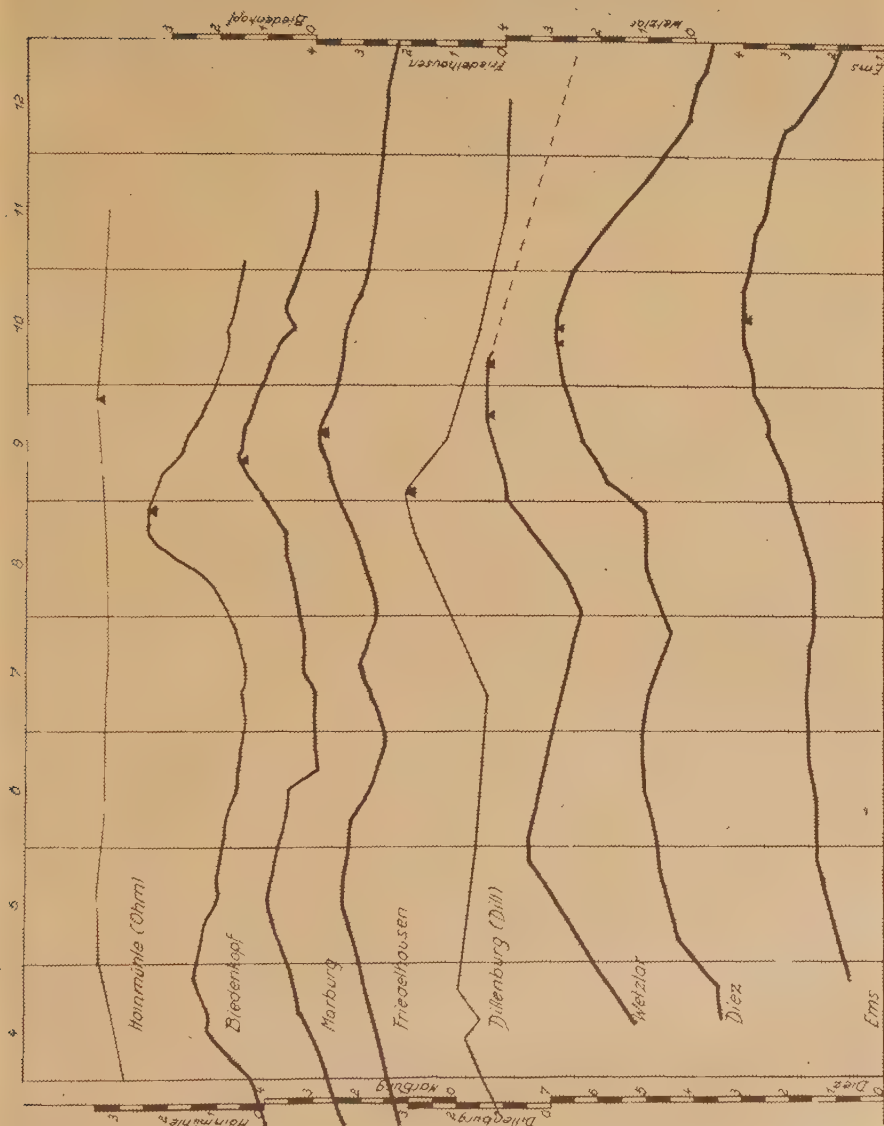


Abb. 17

Tabelle 18

Ort	Wellenscheitel		Entfernung km	Fortpflanzungs- zeit in Std.		Fortpflanzungs- geschwindigkeit in km/h und m/s	
	im Februar 1946	im Dez. 1947		1946	1947	1946	1947
Biedenkopf	8.2.um22h	28. 12. 12 h	37	10,5	11,0	{ 3,52 km/h =0,98 m/s	{ 3,36 km/h =0,93 m/s
Marburg	9.2.um8h ⁸⁰	28. 12. 23 h	35	11	9,5	{ 3,18 km/h =0,88 m/s	{ 3,68 km/h =1,02 m/s
Gießen	9.2.um19h ⁸⁰	29. 12. 8 h ⁸⁰	16	4,5		{ 3,56 km/h =0,99 m/s	
Wetzlar	9.2.um24h		73	10,5		{ 6,95 km/h =1,93 m/s	
Diez	10.2.um10 ⁸⁰						

Für den HW-Meldedienst sind die Wasserstandsbeobachtungen an den Pegeln und die Laufzeiten der Wellenscheitel die Grundlagen, nach denen eine Voraussage des HW-Standes und der Zeit des Eintreffens des Höchststandes im Unterlauf möglich ist. Große Schnelligkeit in der Meldetätigkeit ist daher notwendig, damit vor Eintreffen der Welle Abwehrmaßnahmen in den gefährdeten Orten getroffen werden können. Bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Wellenscheitels von 3,5 Stundenkilometern benötigt die Welle von Biedenkopf bis Wetzlar etwa einen Tag, wenn der Scheitel gut ausgeprägt ist.

Bemerkenswert ist ein Vergleich der Hochwasserstandswellen der Pegel Biedenkopf und Schmittlotheim an der Eder (nach Abb. 13). Dieser liegt unbeeinflusst von Stauanlagen oberhalb des Edersees und zeigt wie der Pegel Biedenkopf die natürlichen Verhältnisse. Die ähnlichen geographischen Bedingungen in den beiden benachbarten Gebieten haben den fast gleichen Verlauf und das annähernd gleichzeitige Eintreffen der Wellenscheitel an den Pegeln ergeben, während andere Gewässer des Wesergebietes, z. B. Diemel und Schwalm, andere Wellenformen aufweisen, die von Groth (1948 S. 15) veröffentlicht wurden.

Im Rheinstromwerk werden die Lahn-HW folgendermaßen charakterisiert: „In der unteren Lahngegend laufen die HW rasch ab; infolge der im oberen Lahngebiet günstiger gestalteten Verhältnisse bleiben jedoch die Flutwellen der Lahn, ungeachtet der größeren Ausdehnung des Gebietes, an Stärke hinter jenen der Nahe zurück; dagegen ist die Dauer der Lahnhochfluten erheblich länger. Das Hochwasser tritt in der Regel im Unterlauf auch einen Tag früher auf, als weiter oberhalb; es ist dies dem Einfluß der Dill und den weiter unterhalb folgenden Seitengewässern zuzuschreiben, deren schroffe Talränder und wenig durchlässige Gebiete eine rasche Wasserabführung bedingen. Im allgemeinen kann angenommen werden, daß der höchste Wasserstand hier 24 bis 36 Stunden nach Eintritt starker Überregnung erreicht wird. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Hochstände einer Anschwellung ist nach Beobachtungen vom Nov. und Dezember 1882 an den Pegelstellen einer Flußstrecke ohne erhebliche Seitenzuflüsse nächst oberhalb Diez zu 9,2 Minuten für 1 km ermittelt worden“ (vgl. Rheinstromwerk S. 204—205).

Ein so frühes Eintreffen des Höchststandes an der unteren Lahn kam weder 1909 noch 1946 vor. Es wird dies jedoch möglich sein, wenn das untere Lahnggebiet ähnlich starke Regenfälle erhält, wie das obere Lahn- und Dillgebiet. Die Dillwelle eilt zwar voraus, lagert sich aber der Hauptwelle noch teilweise auf, was jedoch den Eintritt des Höchststandes im unteren Lahntal nicht um ein bis eineinhalb Tage vorverlegt. Die 1882 ermittelte Geschwindigkeit des Wellenscheitels stimmt gut mit der 1946 zwischen Wetzlar und Diez beobachteten überein, die 8,6 Minuten je Kilometer betrug.

δ) Hochwasser-Abflußmengen

Über die Wassermengen, die in der Lahn bei HW abgeflossen sind, geben nur angenäherte, durch Berechnung gewonnene Zahlen Aufschluß. Wassermessungen, die allein verlässliche Werte ergeben können, sind wegen der besonderen methodischen Schwierigkeiten noch nicht möglich gewesen. Weil die Kenntnis der zu erwartenden Abflußmengen für HW-Schutz-Planungen unbedingt erforderlich ist, wurde ihre Ermittlung im Rahmen der Vorarbeiten des Lahnverbandes in Angriff genommen.

Schon das Rheinstromwerk von 1889 führt einige Werte an, die als Anhalt dienen sollten: Die sekundliche Wassermenge der Lahn bei Diez wurde bei dem Pegelstand von 7,11 m, der der Höhe des Wellenscheitels beim März-HW 1845 entspricht, zu $750 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt. Das ist bei dem rund 5200 km^2 großen Einzugsgebiet des Pegels eine Abflußspende von 144 l/s.km^2 , ein Wert, der heute, wo man mit 170 l/s.km^2 rechnet, zu gering erscheint. Über die HW-Führung der Ohm findet sich ebenfalls dort ein Vermerk, nach dem sie bei dem höchsten bekannten Wasserstand vom August 1856 — Pegel Gießen verzeichnete in diesem Monat kein HW — annähernd $200 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeführt haben soll, das sind bei dem 784 km^2 großen Gebiet 250 l/s.km^2 , eine Zahl, die der vom Vorarbeitenamt verwendeten entspricht.

In den Dillenburger HW-Akten von 1909 wird für die 8 Tage vom 3. — 11. 2. 1909 ein Gesamtabfluß von 30 Millionen m^3 genannt. Bei einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 3 m/s betrug die höchste Abflußmenge $180 \text{ m}^3/\text{s}$ oder 720 l/s.km^2 bei dem 250 km^2 großen Gebiet. Dieser Wert der Abflußspende liegt sicher zu hoch. Das Vorarbeitenamt rechnet heute mit einer HW-Abflußspende von 560 l/s.km^2 .

Für die obere Eder oberhalb der Talsperre, deren Gebiet dem der oberen Lahn sehr ähnlich ist, werden bei Groth (1948 S. 29) 650 l/s.km^2 angegeben.

Schon diese Zahlen lassen die grundsätzlichen Verhältnisse erkennen: Die sekundlichen Abflußmengen der Wellenscheitel wachsen flußabwärts mit dem Hinzukommen der Seitengewässer. Zu beachten ist jedoch, daß sie sich nicht wie die mittleren Abflußmengen (vgl. S. 49) einfach addieren, was sich aus der verschieden großen Überlagerung der Wellen erklären läßt. Die sekundlichen Abflußspenden je km^2 sind für die Praxis wichtiger. Wie die mittleren Abflußspenden nehmen sie mit der Höhenlage, mit den höheren Niederschlägen, zu. Doch es macht sich noch ein weiterer Einfluß geltend, auf den Groth besonders hinweist (a. a. O. S. 28), das ist die Größe der Einzugsgebiete. Es ist verständlich, daß die Abflußspenden „auch, deshalb um so größer sind je kleiner das Gebiet ist, weil die Niederschläge, auch wenn sie im ganzen Gebiet gleichzeitig fallen, nacheinander abfließen, also der Abfluß des an einem Tage gefallenen Regens sich auf eine stromabwärts zunehmende Zahl von Tagen verteilt, zumal wenn der Abfluß auch noch infolge von Ausuferungen in die Länge gezogen wird.“

Außer diesem orographischen macht sich gleichzeitig auch ein klimatischer Einfluß als Ursache dafür geltend, daß die höchsten Spitzenwerte der Abflußspenden in Gebieten von nur wenigen qkm Größe gemessen werden konnten.

Die höchsten Regenmengen in kurzer Zeit fallen bei gewitterigen Starkregen im Sommerhalbjahr und sind besonders in kontinentalen Bereichen, hier den Becken und Niederungen, häufig. Ihre maximale Stärke erreichen sie gewöhnlich nur über wenig ausgedehnten Gebieten. Aus dem Lahnggebiet wurden bei Besprechung der höchsten Niederschlagsmengen in kurzer Zeit (vgl. S. 40) einige Beispiele dazu genannt. Hier seien neben den Niederschlagssummen die Spenden angegeben:

Station	Datum	Regensumme	Regenspende
Fronhausen/Lahn	8. 4. 47	14,7 mm in 19 Min.	12 800 l/s. km ²
Fronhausen/Lahn	25. 7. 46	6,6 mm in 2 Min.	55 000 l/s. km ²
Mengerskirchen (Kallenbachtalunwetter)	26. 8. 41	53,8 mm in 2 Std.	7 470 l/s. km ²

Bei einem Unwetter wie dem, das das Kallenbachtal im Westerwald verheerte, ist anzunehmen, daß der größte Teil des Regenwassers wegen des schon vorher durchfeuchteten Bodens und der geringen Dauer des Niederschlags zu früher Morgenstunde zum Abfluß gekommen ist und die Abflußspende über 5000 l/s. km² lag.

Die gefährlichen Winter-HW, die weite Gebiete betreffen, erreichen nicht die Spitzenwerte von über 5000 l/s. km², wie sie im Erzgebirge, in den Sudeten aber auch im Taubergrund beobachtet wurden. Aus dem Lahnggebiet sind an HW-Spenden bisher bekannt geworden:

Tabelle 19

	HHW-Spenden	
Biedenkopf	295,2 km ²	950 l/s. km ²
Marburg	1685,0	370
Gießen	2359	250
Leun (10. 2. 1867)	3594	100 * (nach Jb. f. d. Gewkde 1939)
Diez	4930	220
Eder-Schmittlotheim	1198	500 ** nach Friedrich 1948 S. 78
Neckar-Plochingen	4002	252 zum Vergleich

Einen klaren Überblick über die bisher gemessenen größten Abflußspenden in Abhängigkeit von der Fläche ermöglicht die Koordinatendarstellung Wundt's (1949 S. 62) mit den Koordinaten: Fläche = Abszisse und Spende = Ordinate. Da auf beiden Achsen sehr hohe Werte aufzutragen sind, wurde der logarithmische Maßstab gewählt. Werden die aus dem Lahnggebiet bekannten Spenden mit einigen Vergleichsdaten in dieses Koordinatennetz eingetragen, ergibt sich das folgende Bild:

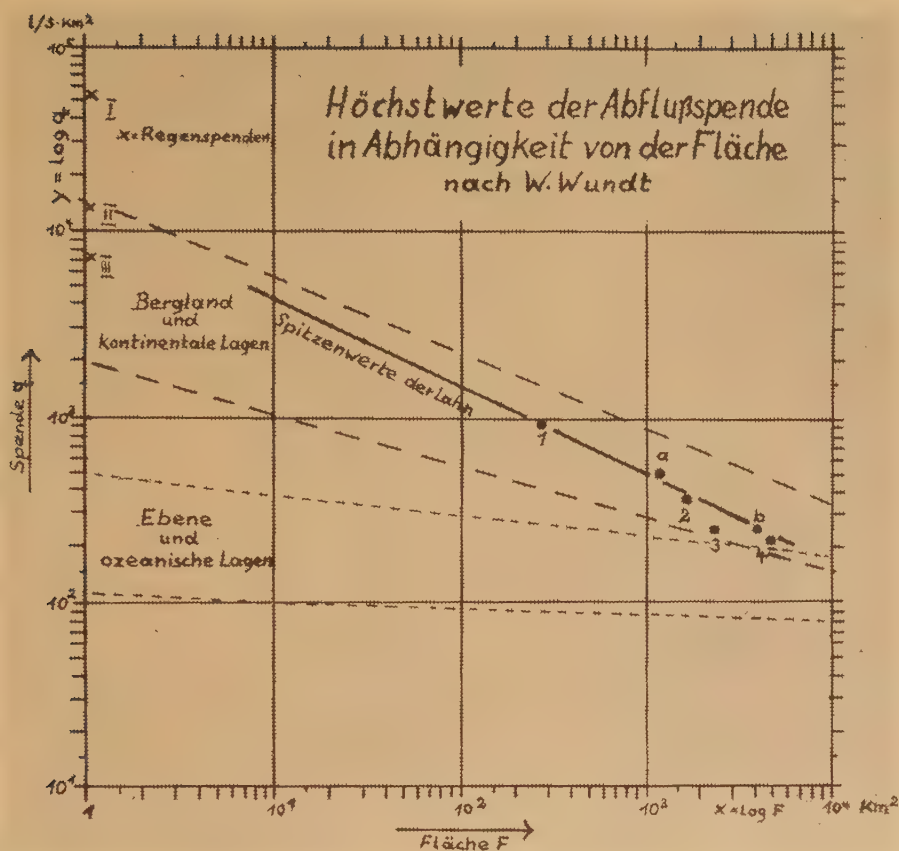


Abb. 18

Während die Darstellung in einfachem Maßstab eine hyperbolische Kurve mit sehr steilem Abfall von höchsten Spenden in kleinsten Gebieten zu geringen in großen Einzugsgebieten ergibt, „nehmen also die HHW-Spenden-Werte im logarithmischen Maßstab mit Vergrößerung der Fläche linear ab.“

Da die Höchstwerte der Abflußspende im Bergland und in kontinentalen Lagen höher als in der Ebene und in ozeanischen Lagen sind, konnte Wundt auch zwei entsprechende Gruppen von Flußgebieten unterscheiden und in seiner Darstellung schematisch abgrenzen. Die im Lahngebiet beobachteten Werte liegen im Bereich der Gruppe Bergland mit Ausnahme der 1867 am Pegel Leun gemessenen Spende von 110 l/s.km^2 , die im Vergleich zu den übrigen Werten zu gering ist und sicher 1946 und in anderen Jahren übertroffen worden ist.

Von Interesse ist aber nicht nur der höchste Abfluß im Wellenscheitel. Gerade für die Bemessung von Stauraum ist eine Antwort auf die Frage nötig, wieviel Wasser gespeichert werden muß, um genügend HW-Schutz geben zu können. Notwendig ist also die Kenntnis des Inhaltes einer HW-Welle, mit solchen Ausmaßen, daß sie eine Beeinflussung durch wasserbauliche Maßnahmen gestattet, indem sie nicht einen einzigartigen ungünstigen Sonderfall einer HW-Katastrophe darstellt. Deshalb hat das Vorarbeitenamt vor allem die Verhältnisse beim HW 1909 und 1946 zugrundegelegt, bei letzterem zu den weiteren Berechnungen jedoch nur die Hauptwelle, die auch ohne die vorhergegangene Welle schon einen enormen Inhalt besessen hat, wie er selten vorkommt.

Ein Bericht des genannten Amtes teilt die Werte mit, die sein Leiter, Reg.-Baurat *H. Schmidt*, für die Welle des Jahres 1946 u. a. ermittelt hat: In der Zeit vom 1. 2.—14. 2. 46 sind am Pegel Biedenkopf nicht weniger als 55,2 Millionen m³ durch die Lahn zum Abfluß gekommen. Auf die Hauptwelle entfallen davon allein 31,4 Millionen m³. Von jedem km² des 295,3 km² großen Gebietes sind also 187 000 m³ abgeflossen. Zum Vergleich seien die Zahlenwerte des HW vom 2.—8. 11. 1940 angegeben: Beim Pegelhöchststand von 3,30 m betrug die sekundliche Abflußmenge etwa 215 m³/s. Die gesamte HW-Welle enthielt mit 23,2 Millionen m³ etwa nur die Hälfte der Wassermenge von 1946.

Ein weitere Aufgabe war, die Berechnungen für den Pegel Biedenkopf auf das kleinere Niederschlagsgebiet der geplanten Talsperre zu übertragen. Da ja die Abflußhöhe beim HW im Winter bei der geringen Verdunstung enger mit dem Niederschlag zusammenhängt als jeder andere Abflußwert, wurde versucht, die Regenmengen während eines HW zu ermitteln und zu der Umrechnung zu verwenden.

Am geeignetsten erschien das HW 1946 wegen der nicht ins Gewicht fallenden geringen Schneemengen und der langen Dauer der Niederschlagsperiode. Zu diesem Zwecke wurde die in Abb. 15 beigegebene Karte der Regensummen vom 4. — 10. 2. 46 im Maßstab 1:100 000 gezeichnet. Vergleiche mit der Niederschlagsverteilung anderer HW-Lagen zeigten die allgemeine Gültigkeit der Verhältnisse von 1946. Durch Ausplanimetrieren der Isohyetenflächen der Gebiete des Pegels Biedenkopf und der geplanten Sperre wurde für das erste eine Gesamtniederschlagssumme von 54 Mill. m³ gefunden, die 183 mm Regen entsprechen. Für das vorgesehene Talsperrengebiet oberhalb Laasphe ergaben sich 210 mm. Vom 3. 2. — 10. 2., dem Zeitraum, in dem die Regen fielen, die der HW-Regenkarte zugrundegelegt waren, sind nach den Berechnungen von Reg.-Baurat *H. Schmidt* 147 mm in der Lahn bei Biedenkopf abgeflossen, das sind 80 Prozent des Niederschlags. — Im Gebiet der Edertalsperre wurde mit einem sog. „Abflußkoeffizienten von 97 % gerechnet, was *Groth* (1948 S. 32) im Vergleich zu den 60—90 % im Harz für zu hoch hält. — Es wurden also demnach von Boden und Vegetation 183 — 147 = 36 mm zurückgehalten. Unter der Annahme eines gleichen Verhaltens im Gebiet oberhalb Laasphe betrug bei der gleichen Verlustmenge von 36 mm die Abflußmenge 174 mm und lag damit um das 1,18fache über der von Biedenkopf.

Auch über die HW-Abflußmengen im Ohmgebiet sollte Klarheit geschaffen werden, da keinerlei zuverlässige Messungen vorliegen und auch Berechnungen keine genügende Grundlage haben, da bei HHW wegen der weiten Überschwemmungen der Pegel Hainmühle nicht beobachtet werden kann. Nach der gleichen Regenkarte ist für das Gebiet der Ohm einschließlich der Wohra, ein Gebiet von 867,2 km², die Regenmenge des gleichen Zeitraums zu 91,8 mm bestimmt worden. Wieder wurden 36 mm Verlust eingesetzt, woraus sich eine Abflußmenge von 55,8 mm ergibt. Aus dem Vergleich dieser Abflußmenge mit der

der oberen Lahn folgt, daß bei Biedenkopf 2,6 mal mehr Wasser abgeflossen sein wird als unterhalb der Wohramündung.

$$\frac{187\,000\text{ m}^3/\text{km}^2 \text{ in Biedenkopf}}{2,6} = 71\,000\text{ m}^3/\text{km}^2 \text{ bei der Ohm.}$$

Doch es gelingt nicht, die Abflußspenden für die Lahn und ihre Nebengewässer allgemein theoretisch abzuleiten; ändern sie doch ständig ihre Größe während der Wanderung der Welle infolge Verzögerung durch Ausufern, Unregelmäßigkeiten im Regenwasserzufluß und mit der Aufeinanderfolge verschiedener Talformen und Flußquerprofile. Gerade der Wechsel der Talbreiten ist besonderer Beachtung wert als Faktor des Abflußvorganges, weshalb er gesondert besprochen werden soll (vgl. S. 99).

Über die Art des Abflußvorganges in den verschiedenen Teilen eines Flußgebietes gibt das Verhältnis zwischen den Spenden bei niedrigstem Niedrigwasser (NNq) und höchstem Hochwasser (HHq) Aufschluß. Die oben und im gewässerkundlichen Jahrbuch mitgeteilten Werte für die extremen Abflußspenden der Lahn lassen eine Berechnung zu:

An der oberen Lahn ist die Niedrigwasserspende schwer exakt meßbar, da das Wasser z. gr. T. unter Geschiebe fließt. Im September 1947 wird ein NNq von 0,3—0,5 l/s.km² anzunehmen sein. 950 l/s betrug die HHq vom Februar 1946; das Verhältnis NNq:HHq errechnet sich also zu 1:2400. Am Pegel Marburg ist durch die Ohm die NNq erhöht worden. Nimmt man sie zu 0,65 l/s.km² an und rechnet mit einer HHq von 370 l/s.km², dann erhält man ein Verhältnis von 1:570. Für den Pegel Leun wird es bei NNq 0,56 und HHq 280 l/s.km² 1:500. Bis zur Lahnmündung sinkt das Verhältnis bis auf 1:400, an der oberen Lahn wird es 1:3000 betragen. Zum Vergleich mit einem anderen benachbarten Flußgebiet mögen die betr. Zahlen der Eder und Weser dienen: Schmittlotheim hatte im 31.12.25 eine HHq von 500 l/s.km² und 1921 eine NNq von 0,43 l/s.km². Das Verhältnis beträgt 1:1160, es entspricht also dem der oberen Lahn, was wegen der ähnlichen geographischen Verhältnisse verständlich ist. Demgegenüber zeigt die Weser bei Gieselwerder (28 km vor der Vereinigung der Werra und Fulda) ein Verhältnis von NNq:HHq wie 1,40:184 oder 1:131, eine Zahl, die auf ausgeglichene Abflußverhältnisse hindeutet, während die Verhältniszahlen von Lahn und Eder Beispiele einer im Oberlauf infolge der Undurchlässigkeit des Bodens und des starken Gefälles extremen Wasserführung sind.

f) Niedrigwasserverhältnisse im Lahnggebiet

Die mitteleuropäischen Gewässer gehören einer Klimazone an, die durch Regen zu allen Jahreszeiten ausgezeichnet ist. Dennoch ist eine jährliche Periode der Wasserstände festzustellen infolge der Temperaturunterschiede von Sommer und Winter, die den Gang der aktiven und passiven Verdunstung auf der Erdoberfläche bestimmen. Winterlichen Hochständen stehen sommerliche niedrige Wasserstände gegenüber (vgl. S. 53). Die Hochwassererscheinungen wurden als die Folge meist kurz dauernder Extreme der Witterung erkannt (vgl. S. 63 ff.), und extremes ungewöhnliches Verhalten der Witterung, aber von langer Dauer, ist

auch die Ursache der Niedrigwasserführung der Lahn. Aus diesem Grund ist es erforderlich, die Abflußverhältnisse bei Niedrigwasser im Lahngebiet im Zusammenhang mit den meteorologischen Ursachen zu betrachten, wie es auch bei Besprechung der Hochwasser geschehen ist. Zwar sind die Niedrigwasserperioden, die „Wasserklemmen“, im Augenblick ihres Auftretens nicht von einer so katastrophalen Wirkung, wie es die HW sein können, doch ihre Folgen sind oft noch lange nachher spürbar. Es ist deshalb die Aufgabe und das Bestreben der Wasserwirtschaft, hier wie bei den HW einen Ausgleich zu schaffen, um Schäden nach Möglichkeit zu verringern.

a) Eintrittszeiten und Dauer von Niedrigwasser

Als Niedrigwasser (NW) wird der tiefste Wasserstand in einem Jahre bezeichnet. Aus den NW-Werten einer längeren Jahresreihe wird das mittlere Niedrigwasser (MNW) erhalten. Als niedrigstes Niedrigwasser (NNW) werden entsprechend dem höchsten Hochwasser (HHW) die tiefsten Wasserstände bezeichnet, die bisher an den einzelnen Pegeln aufgetreten und gemessen worden sind.

Die im Jahrbuch für die Gewässerkunde des Deutschen Reiches mitgeteilten NNW-Angaben für die Pegel Gießen und Leun lassen bereits die Haupttatsachen erkennen:

Pegel	Stand bei NNW in cm	Datum
Gießen	10	9. September 1911
Leun	26	Juli 1893, Juli 1911, August 1921

Die Tiefststände der Lahn kamen in den trockensten Jahren des Zeitraumes vor, aus dem gewässerkundliche und meteorologische Beobachtungen vorliegen. Sie wurden gemessen in den Hochsommermonaten Juli bis September.

Im Winter sank der Wasserstand der Lahn nie bis zum NNW. Zwar wird er durch langen Eisstand bei großer Kälte stark erniedrigt, wie es in dem kalten Winter 1928/29 vorkam: 65 Tage lang bedeckte Eis die Lahn (4. 1.—9. 3. 29), die höchste bekannte Dauer von Eisstand in Marburg. Der Wasserspiegel sank bis auf 10 cm am Marburger Pegel, lag aber damit noch 20 cm über dem MNW der Periode 1917/1926. Diesen Stand behielt die Lahn vom 6. 2.—6. 3., 29 Tage lang. In dieser Zeit erreichte die Kälte ihren Höhepunkt (der Februar war um 9,7° zu kalt, das Monatsminimum der Lufttemperatur betrug —22,7°). Im Januar 1940 lag der niedrigste Wasserstand der Lahn in Marburg von 80 cm am Pegel bei 16 Tagen Eisstand in etwa der gleichen Höhe wie 1929 mit 7 cm über dem MNW der Periode 1934/40. Zu erklären ist diese Tatsache durch eine bei Frost noch ungestörte Grundwasserzufuhr.

Lange Frostperioden sind von nicht so hoher Wirkung auf die Niedrigwasserführung der Lahn wie sommerliche Trockenperioden, weshalb hier die winterlichen NW unberücksichtigt bleiben mögen.

Wie es nicht möglich ist, die Intensität der HW allein aus dem höchsten Pegelstand zu erfahren, so geben die absoluten Tiefststände der Lahn noch weniger über das Ausmaß ihrer Niedrigwasserführung Auskunft.

In den trockenen Sommern 1893, 1911 und 1921 wurde am Pegel Leun der gleiche Tiefststand von 26 cm erreicht, und doch sind die NW-Verhältnisse und ihre Ursachen in den drei Jahren recht verschiedene. Hier handelt es sich nicht um Witterungsereignisse und deren Folgen von der Dauer einiger Tage wie beim HW. Die NNW sind Tiefststände bei langanhaltender NW-Führung der Lahn gewesen, deren Ursachen z. B. im Sommer 1947 Großwetterlagen waren, die durch Änderungen der atmosphärischen Normalzirkulation der ganzen nördlichen Halbkugel geschaffen worden sind (vgl. S. 91).

Zur Charakterisierung der Abflußverhältnisse in den einzelnen Trockenjahren ist es notwendig, die Dauer der NW-Stände und -mengen an den Pegeln festzustellen und so die NW-Perioden abzugrenzen.

Wassermengenangaben sind nur selten vorhanden, weshalb allein die Wasserstände zur Bearbeitung herangezogen werden können. *Grunow* (1935 S. 5) definierte deshalb: „Unter der ‚Wasserklemme‘ soll daher ein abflußarmer Zeitabschnitt verstanden werden, bei dem die Wasserstände mindestens zwei Monate hintereinander unter dem Jahresmittel-NW bleiben. Kurze Unterbrechungen dieses niedrigen Standes haben praktisch keinen Nutzen und bleiben daher unberücksichtigt.“

Die NW-Stände einer längeren Beobachtungsreihe können jedoch meist nicht auf das gleiche MNW bezogen werden, da sich Änderungen der Abflußverhältnisse, d. h. von Gefälle, Profilgrößen und Geschiebeführung, vor allem auf die niedrigen Wasserstände auswirken (vgl. *Grunow* a. a. O. S. 39). Ein sichereres Vergleichsmaß bieten die Mittelwasserstände, die nicht so stark von diesen Änderungen betroffen werden, und deren wir uns deshalb meist bedienen werden.

Um die Dauer der NW-Perioden an den Pegeln Gießen und Marburg nach der *Grunow'schen* Definition feststellen zu können, wurden für die einzelnen Trockenjahre brauchbare MNW-Hauptzahlen neu berechnet.

Eine Übersicht über die NW-Führung der Lahn am Pegel Gießen in den vergangenen 80 Jahren geschah am einfachsten dadurch, daß die Monate gesucht wurden, deren MW unter dem für sie gültigen MNW lag:

Tabelle 20a

MW unter MNW am Pegel Gießen in cm

Jahr	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	MNW cm	Periode
1874			71	68	68		
1892			68			73	1871/90
1893	71	68	73	71			
1911		20	14	13	21		
1921		33	18	17	24	35	1911/40
1934			31	(38)			

Tabelle 20b

Tage unter MNW am Pegel

Jahr	Marburg	Dauer	Gießen	Dauer	Leun	Dauer
1911	2. 7.—12. 11.	103	15. 6.—13. 11.	121	16. 7.—21. 9.	68
1921	11. 7.—24. 10.	106	15. 7.—26. 10.	104	25. 6.—24. 10.	122
1934	21. 7.—23. 7. 30. 7.— 4. 10.	70	9. 7.—21. 7. 29. 7.—23. 9.	70	10. 7.—23. 7.	14
1947	13. 5.— 4. 6. 22. 6.—15. 11.	170				

In diesen Tabellen, die die Trockenjahre der vergangenen 80 Jahre enthalten, fallen die Jahre 1911 und 1921, besonders aber die lange Dauer der NW-Periode von 1947 am Pegel Marburg auf (von Gießen und Leun liegen keine Beobachtungen vor). Ihre niedrigsten Monats-MW liegen bis 18 und 22 cm unter dem MNW, während sie in den übrigen Jahren nur bis 5 cm darunter reichen, obwohl in Leun auch 1893 das NNW von 26 cm am Pegel eintrat, wie 1911 und 1921. Da die täglichen Wasserstände der Jahre vor 1900 nicht zugänglich waren, konnten die NW-Perioden von 1874, 1892 und 1893 nicht ermittelt werden. Die Dauer der Trockenperiode von 1893 wird etwa derjenigen von 1911 und 1921 entsprechen, wie es beim Weserpegel Münden der Fall war. Winterliche Wasserklemmen mit zwei Monaten unter MNW sind bisher nicht vorgekommen, weshalb die NW-Führung in jener Zeit vernachlässigt werden kann.

β) Entstehungsbedingungen für Niedrigwasserperioden

1874:

Das erste Trockenjahr des vorigen Jahrhunderts, über das auch meteorologische Beobachtungen vorliegen, war 1874. Die NW-Perioden lagen in den Monaten August bis Oktober. Doch es waren nicht allein die Witterungserscheinungen von Sommer und Herbst, die als Ursache der niedrigen Wasserstände in diesen Monaten anzusehen sind:

Schon das Vorjahr 1873 war fast in jedem Monat zu trocken und zu warm. Von großem Einfluß auf den Wasserstand war die Tatsache, daß der Winter zu wenig Niederschlag aufzuweisen hatte (Marburg erhielt nur 50 % des normalen Winterniederschlages). Die regenärmsten Monate waren Dezember und Februar. Dazu war der Winter mild, der Januar war um $2,1^{\circ}$ zu warm.

Der mittlere Wasserstand lag am Pegel Gießen im November und Dezember 1873 um 50 cm unter dem Durchschnitt. Im Januar stieg er nur wenig an, um im Februar wieder zu sinken, so daß er im März sogar 76 cm unter dem monatlichen MW lag. Normale, stellenweise übernormale Mair Regenfälle bei unterdurchschnittlichen Temperaturen unterbrachen zwar die NW-Führung der Lahn; da der Sommer jedoch zu warm war — die Julitemperatur lag in Marburg um $2,2^{\circ}$ über dem Durchschnitt von $19,1^{\circ}$, im September noch $1,9^{\circ}$ über dem von $14,7^{\circ}$ — und da er sich dazu wie der Winter durch Niederschlagsmangel auszeichnete — Marburg erhielt nur 70 % der Normalmenge — fiel der Wasserstand wieder. Im Oktober lag er in Gießen bei 67 cm, das sind 49 cm unter dem Durchschnitt.

Das mittlere Maximum der Julitemperatur wurde weit überschritten durch die extreme Temperatur von $33,9^{\circ}$, die im Juli in Marburg gemessen wurde.

1892 und 1893:

Über das Trockenjahr 1893 liegt schon reichlicheres meteorologisches Beobachtungsmaterial vor, und seine Bearbeitung durch J. Grunow (a. a. O. S. 7) konnte sich auf Arbeiten stützen, die dieses ausgewertet hatten.

Wie die Trockenheit und die NW-Verhältnisse in ihrem Gefolge von 1874 können die Ereignisse von 1893 ebenfalls nicht allein aus der Witterung des Jahres 1893 verstanden werden:

Das Vorjahr 1892 wies sogar eine geringere Jahressumme des Niederschlages auf als das bekannte Trockenjahr selbst. In Marburg fielen 1892 442 mm Regen und 1893 553 mm. Besonders trocken waren im Sommer 1892 der Juli und der August innerhalb einer niederschlagsarmen Zeit, die sich über die Monate März 1892 bis Januar 1893 erstreckte. Nur im Juni und im Oktober fielen normale Regenmengen. Zu warm war vor allem der August, dessen mittlere Tagestemperatur um 2,7° den Durchschnitt überschritt.

Die relative Feuchte wich schon im April und dann im Juli um 11 % vom Mittel ab und fand das Jahresminimum bei 14 %. Da sie besonders gut das Ausmaß der „Dürre“ zu charakterisieren vermag, wird ihr Wert seit Knochenhauer (1937) beim Auszählen der „Dürretage“ zugrundegelegt (vgl. S. 89). Für Bamberg wurden im Jahr 1892 63 Dürretage festgestellt — im März 8 — April 12 — Mai 14 — Juli 10 — August 19.

Die Wasserstände der Lahn bei Gießen lagen von März 1892 bis Januar 1893 unter dem MW, entsprechend der Dauer der regenarmen Zeit. Von März an fielen sie ständig zu ihrem NW im Juli am Pegel Leun. Gießen hatte das niedrigste MW im August.

Vom 22. 12.—25. 1. hielt eine Frostperiode an, die den Boden tief gefrieren ließ. Die im Januar gefallenen Schneemengen kamen infolgedessen zusammen mit den übernormalen Februarniederschlägen schnell zum Abfluß; das Februar-HW lag in Gießen bei 3,04 m um 1,04 m über dem Durchschnitt. Es wurde ein Höchststand von 4,67 m erreicht.

Das Jahr 1893 war berüchtigt wegen seines trockenen Frühjahrs. Wie im Vorjahr setzte schon im März eine Trockenperiode ein (Bamberg hatte 8 Dürretage). Im April wurden 27 Dürretage gezählt; das ist die höchste Zahl, die bisher in einem Monat seit 1880 vorgekommen ist. Noch im August waren es 10 Dürretage.

Die Temperaturen lagen von Februar bis August über dem Durchschnitt. Im April waren sie relativ am höchsten mit 2,9° über dem Mittel von 7,5°. Eine so hohe Monatstemperatur wie im Juli 1892 von 18,7° in Marburg wurde nicht mehr erreicht. Nur an einem Tage wurde ein Maximum über 30° in Marburg gemessen. Die geringsten Werte der relativen Feuchte wiesen die Monate März bis Juni (20 — 14 — 23 — 24 % Minimum) auf.

Der so außerordentlich trockene April 1893 — fast überall blieb die Zeit vom 22. 3.—16. 4. gänzlich regenlos (Grunow S. 9) — war an der Lahn auch nach dem Januar der Monat mit dem größten Unterschied des MW gegen die Durchschnittszahl. Der mittlere Wasserstand von 93 cm in Gießen lag 61 cm unter dem MW des April von 1,55 m. Das gleiche gilt für die Weser, während die Wasserstände des Rheins bei Caub die größten Fehlbeträge im Mai und Juni aufwiesen (Alpenquellflüsse).

„Für die Ausbildung der Wasserklemme 1893 kommt als auslösende Ursache zunächst die große Frühjahrstrockenheit, dann die weiterhin geringen Niederschläge, weniger die Hitze des Sommers in Betracht. Sie hätte jedoch kaum so stark auftreten können, wenn nicht der vorangegangene Sommer 1892 ebenfalls sehr trocken gewesen wäre und der Überschuß des Winters für den Abfluß des Sommerhalbjahres verlorengegangen wäre“ (Grunow S. 10).

1904:

Im Jahre 1904 führte die Lahn NW in der Zeit zwischen dem 27. 7. und dem 11. 9. am Pegel Gießen und vom 10. 7.—22. 8. und am 11. 9. in Marburg. In Leun wurde NW beobachtet vom 24. 7.—11. 9. mit Unterbrechungen. Es lag jedoch an keinem Pegel ein Monats-Mittelwasser unter dem MNW.

Die NW-Perioden von 1904 waren die Folge weitverbreiteter Hitze und Niederschlagsarmut im Sommer. Begünstigt wurden sie noch dadurch, daß die Winterniederschläge z. gr. T. für den Abfluß verloren gingen (vgl. *Grunow* S. 11). Von 53 Dürretagen in Bamberg wiesen allein Juli und August 32 auf.

1911:

Auch die Ursachen des ausgeprägten Dürrejahres 1911 liegen zum Teil in der Witterung des Vorjahres begründet:

Der Sommer 1910 war zwar kühl und feucht, doch der Oktober zeichnete sich aus durch sehr große Trockenheit. Infolge starker Novemberregen schwoll die Lahn ab 3. 11. an. Der milde Dezember und der niederschlagsarme Januar, der im Lahngebiet einen Fehlbetrag an Niederschlag von 70 % aufwies, ließen die Wasserstände erheblich sinken. Da außerdem eine Schneedecke fehlte, war die winterliche Speicherung ganz gering. In allen Stromgebieten Deutschlands floß Ende Februar eine HW-Welle ab. Die der Lahn erreichte am 27. 2. 11 am Pegel Gießen einen Höchststand von 4,12 m. Im milderen März mit normalen Niederschlägen, die aber fast nur in der ersten Monatshälfte fielen, wies der Wasserstand der Gewässer des Lahngebietes keinen Fehlbetrag auf, während Weser und Rhein sogar ein überdurchschnittliches MW hatten.

Wie 1892 und 1893 setzte die Trockenperiode von 1911 schon im März ein. Im April lag bereits die mittl. relative Feuchte um 4 % unter dem Durchschnitt, und es wurde ein Minimum von 27 % gemessen, wie dann erst wieder im August. In Bamberg wurden 9 Dürretage gezählt.

Juli mit 18, August mit 24 und September mit 13 Dürretagen waren die Monate, in denen die Wasserstände der Lahn am tiefsten lagen. Im Juli 1911 wurde in Leun das schon 1893 beobachtete NNW von 26 cm am Pegel gemessen. In Gießen erreichte die Lahn ihren bis dahin niedrigsten Stand von 10 cm am 9. September, in Marburg ein NNW bei —12 cm Mitte August und September. An 121 Tagen hintereinander blieb die Lahn in Gießen unter dem MNW, vom 15. 6.—13. 11.

Im August betrug in Marburg die mittlere relative Feuchte 59 %, was einen Fehlbetrag von 18 % bedeutet und damit den äußersten Wert des Trockenjahres. Der gleiche Monat war um etwa 4° zu warm und erhielt an einigen Orten im Lahngebiet nur 5 % des normalen Niederschlages, was praktisch völligem Regenmangel entspricht (Marburg 3 mm, Driedorf 5 mm). Der Fehlbetrag an Niederschlag bewegte sich in W- und S-Deutschland zwischen 70 und 80 %. „Da die Regenfälle häufig in Begleitung von lokalen Wärmegewittern auftraten, erhielten die Gebirge durchweg geringere Mengen“ (vgl. *Grunow* S. 17). Diese Tatsache vermag auch den relativ höheren Niederschlag von 76 %

des normalen in Kirchhain und von 71 % in Nassau im Juli zu erklären gegenüber dem von 49 % in Laasphe und von 48 % auf dem Feldberg im Taunus. Zum Abfluß konnten die geringen Sommerniederschläge kaum kommen wegen der hohen Temperaturen, wurden doch in Marburg im Sommer 1911 an nicht weniger als 14 Tagen Temperaturen über 30° gemessen. Sehr gering waren aus dem gleichen Grund die Schwankungen des NW-Standes in Gießen, die sich um ein bis zwei Zentimeter in 5 bis 10 Tagen änderten. Am Ohmpegel Hainmühle hielt sich der niedrige Stand vom 13. 7.—10. 8. auf 4 cm und vom 11. 8.—4. 9. auf 2 cm über dem Pegelnullpunkt. Fast parallel mit der erstgenannten Periode verlief die lange Dürreperiode in Bamberg von 27 Tagen, vom 18. 7. bis 13. 8. 1911.

Eine Aufbesserung des Wasserstandes der Lahn trat erst Mitte November mit den einsetzenden Niederschlägen ein, die bei geringeren Temperaturen zum Abfluß beitragen konnten.

Es ist leider nicht möglich, aus der Dauer der NW-Perioden im Lahngebiet im Sommer 1911 durch einen Vergleich mit benachbarten Flußgebieten auf die Eigenart der Grundwasserspeisung zu schließen, da die Wasserstände zu ungenaue Angaben liefern und schwer miteinander vergleichbar sind.

Grunow benutzte für den Pegel Marburg die Angaben des gewässer-kundlichen Jahrbuchs von 1911 (vgl. *Grunow* S. 19 Anm. 21) und erhielt für ein MNW von 11 cm der Periode 1896/1910 eine Unterschreitungsdauer dieses Standes von 168 Tagen, vom 4. 6.—18. 11., bei der Sieg aber von nur 111 Tagen und bei der Ruhr von 112 Tagen. Wird das MNW aus den Jahren 1907/1913 berechnet, dann liegt es bei + 4 cm, das der Periode 1917/26 schließlich bei — 11 cm. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache, der Senkung des Pegelnullpunktes, und bei Zugrundelegen eines MNW von + 4 cm erhält man für den Pegel Marburg eine Unterschreitungs-dauer im Jahr 1911 von 103 Tagen, welche Anzahl den Verhältnissen der Sieg und Ruhr und ebenso der Unterschreitungsdauer des MNW am Pegel Gießen von 121 Tagen gut entspricht.

1921:

Das Abflußjahr 1921 brachte für alle mitteleuropäischen Gewässer Wasserklemmen, die alle vorgenannten weit übertrafen und deren Folgen noch lange nachher spürbar waren. Wie *Grunow* (vgl. a. a. O. S. 30) deutlich machte, war noch das Abflußjahr 1923 deutlich beeinflusst. Daß es sich um eine Klimaanomalie handelte, die fast ganz Europa betraf, zeigte schon die Tatsache, daß in anderen europäischen Ländern wie Polen, Italien und England Berichte über dort aufgetretene Trockenheit erschienen sind. In Paris und Genf wurde 1921 das absolute Minimum sehr langer Niederschlagsreihen gemessen.

Schon das Abflußjahr 1920 hatte an der Lahn infolge niedriger sommerlicher Wasserführung ein unterdurchschnittliches Jahres-MW. Nach *Grunow* (S. 24) lag das MW des Sommerhalbjahres 1920 in ganz Norddeutschland unter dem Durchschnitt. Mai und Juni brachten dem Lahngebiet sehr wenig Regen; Oktober und November waren in ganz Norddeutschland regenarm (*Wussow* 1921 S. 89). Während in anderen norddeutschen Stromgebieten das Minimum des Wasserstandes

im Dezember erreicht wurde, lag es bei der Lahn im November, der nur 20—30 % der normalen Regenmenge erhielt. Die immer noch um 30 % zu geringen Dezemberniederschläge vermochten den Wasserstand nur wenig zu heben, da sie erst nach einer Frostperiode einsetzten. Tauwetter in Verbindung mit Regenfällen führte nur dazu, daß am 30. 12. in Leun das MHW durch einen Anstieg um das 2^{1/2}-fache fast erreicht wurde.

Ein milder Januar brachte Niederschläge, die um 50 % die Normalmenge überschritten, aber versickern konnten, weshalb die Wasserstände gering blieben. Das MHW wurde an keinem Pegel erreicht. Im Februar und März fiel schon wieder zu wenig Regen (20—30 % der Normalmenge). Die Mainiederschläge in meist durchschnittlicher Höhe vermochten den Wasserstand des April zu halten, aber nicht zu verbessern. Von Mitte Juni bis in den November hinein dauerte eine regenarme Periode, deren trockenster Monat der Juli war, der nur zwischen 10 und 20 % des normalen Niederschlags erhielt. Infolge des Regenmangels und höchsten Temperaturen sank der Wasserstand der Lahn schnell ab und lag in Leun am 17. und 18. 7. schon beim NNW von 26 cm, in Marburg am 14. und 15. bei — 14 cm, welcher niedrigste Stand noch mehrmals in den folgenden Monaten gemessen wurde.

Entsprechend den zwei Gruppen niederschlagsarmer Monate: Februar — April und Juni—November und dem Temperaturgang verteilen sich die Dürretage in Bamberg auf die Monate des Jahres 1921:

Februar	März	April;	Juni	Juli	August
2	4	6	4	17	10

Zwar war die Abweichung der Julitemperatur vom Normalwert in Marburg um 3° nicht so groß wie die von 4,6° im August 1911, doch die Höchsttemperatur lag 1921 noch um 0,5° höher als 1911 — im Juli wurden 34,5° gemessen. Die Zahl der Sommertage war 1911 und 1921 verschieden (45 gegen 39), doch wurde in Marburg nur die Hälfte der heißen Tage (7) von 1911 (14) festgestellt (vgl. „Berichte d. Dt. Wetterd.“ Nr. 7. 1949 S. 10—13).

Die NW-Perioden der Lahn mit Wasserständen unter MNW dauerten ohne erhebliche Unterbrechungen von Ende Juni bis Ende Oktober etwa ebenso lange wie 1911 mit 106 Tagen in Marburg, 104 Tagen in Gießen und 122 Tagen in Leun. Auf die wenig sichere Grundlage der MNW-Stände als Begrenzung der Perioden sei hier nochmals hingewiesen. In beiden Trockenjahren lag das Monats-MW am Pegel Gießen in den Monaten Juli bis Oktober unter dem MNW, am tiefsten im September 1921 (vgl. S. 83).

Dem Trockenjahr 1911 ging ein niederschlagsarmer Oktober voraus, 1921 waren es Oktober und November 1920. Hohe Niederschläge brachten die Monate November 1910 und Februar 1911. Hier ist 1921 nur der milde regenreiche Januar zu nennen. Doch während 1911 die niederschlagsarme Zeit im April begann und bis Oktober dauerte, sind 1921 zwei Perioden zu unterscheiden, die von Februar bis April und die von Juni bis November. Beide Trockenjahre zeichnen sich durch große Hitze aus, vor allem das Jahr 1911.

Trotz des verschiedenen Witterungsverlaufes waren es 1911 und 1921 die gleichen Monate Juli bis Oktober, an denen an der Lahn das monatliche MW unter dem MNW lag, und es wurde am Pegel Leun 1921 kein tieferes NNW bekannt als das von 1893 und 1911.

1934:

Die Ursachen des Dürresommers 1934 sind von *W. Knochenhauer* (1937) dargelegt worden, der eine Definition der „Dürretage“ benutzt, um Dürreperioden auf Grund meteorologischer Daten abzugrenzen. Nach der gleichen Methode sind die bisher hier schon verwendeten Bamberger Dürrezahlen von *H. Cordes* berechnet worden (*R. Geiger* 1948 S. 513), nachdem die Definition noch bestimmter gefaßt wurde. *Knochenhauer* mußte neben dem Sommer 1933 auch vor allem den Winter 1933/34 bei der Untersuchung mit heranziehen, wie es ja auch bei den bisher hier behandelten Trockenjahren stets notwendig wurde, das Vorjahr mit zu betrachten.

Erhielten in den Vorjahren 1892 und 1910 der Trockenjahre 1893 und 1911 die Frühlingsmonate März und April nur 30—50 % der normalen Regenmenge, und waren 1920 vor allem Mai und Juni niederschlagsarm, so wies 1933 der April sehr geringe Regenmengen auf, und der März hatte in Bamberg schon 14 Dürretage. Wie es von den Wintermonaten 1873 der Dezember, 1892 der November war und 1911 der Januar, 1920 der Oktober und der November, die zu wenig Regen erhielten, so war es 1933 der Dezember, der bei starker Kälte außerordentlich niederschlagsarm war. Das obere Lahn- und Ohmgebiet erhielt in diesem Monat nur etwa 8 mm Niederschlag oder 10—20 % der Normalmenge. Im Winter 1933/34 war im gleichen Gebiet nur der Januarniederschlag normal. Nach *Knochenhauer* betrug der Winterniederschlag in Eberswalde nur 76 % des Normalwertes, „ganz Mitteleuropa ging mit einem Feuchtigkeitsdefizit in die Trockenperiode“, wie Bodenfeuchtheitsmessungen in Eberswalde zeigten.

Monate mit normaler Regenergiebigkeit im Lahngebiet waren 1934 der März und dann erst wieder der August. In den dazwischen liegenden Monaten April bis Juli mit Niederschlagsarmut und zu hohen Temperaturen traten die von *Knochenhauer* ermittelten Dürreperioden auf:

Tabelle 21

Dürreperioden in Kassel 1934 nach *Knochenhauer*

Anfang und Ende der Dürreperiode	Dauer	Relative Feuchte Minimum in %	Temperatur Maximum in °C
29. 4.— 4. 5.	6 Tage	29	27,9
30. 5.— 2. 6.	4 Tage	19	27,7
8. 6.—18. 6.	11 Tage	12	30,7
7. 7.—12. 7.	6 Tage	23	30,6
17. 7.—21. 7.	5 Tage		
	32 Tage		

Die Abweichung der MW-Stände der Lahn und benachbarter Gebiete vom Durchschnitt entspricht weitgehend den Niederschlagsverhältnissen von 1933 und 1934. Im April bestand ein starker Wassermangel in der Lahn (Leun — 65 cm), wie auch im Rhein (Caub — 112 cm) und der Weser (Münden — 69 cm). Nur im Juni und Juli 1933 lag das MW all dieser Gewässer über dem Durchschnitt der Periode

1926/35, dann sanken die Wasserstände gegen das Jahresende hin immer mehr. Mit Ausnahme des Rheins, der wegen seiner Alpenquellflüsse meist nicht mit dem Abflußgang seiner Zuflüsse im Mittellauf übereinstimmt, wurde der Tiefststand im Dezember erreicht.

Der feuchte März 1934 ließ Lahn, Eder und Nahe wieder ansteigen, doch der Rhein erreichte noch nicht sein MW.

Erst im September wurde nach ständigem Fallen des Wassers mit einer Unterbrechung im Mai das tiefste MW erreicht. Nur der Rhein stieg im gleichen Monat bis auf seinen Durchschnittsstand, um aber im Oktober wieder zu fallen.

Die NW-Perioden mit Wasserständen unter MNW hatten meist ihre Parallelen in den Knochenhauerschen Dürreperioden. So entsprach die Periode der Lahn vom 9.7.—23.7. an den Pegeln Gießen und Leun fast vollkommen den Kasseler Perioden vom 7.7.—12.7. und 17.7.—21.7. Die NW-Periode vom 30.7.—4.10. hatte keine parallele Dürreperioden, sondern ist als deren Nachwirkung aufzufassen. Die Regenmengen des August und September waren schon normal; das NW wurde jedoch begünstigt durch noch unterdurchschnittliche Feuchte und zu hohe Temperaturen.

Die NW-Perioden der Nahe (Pegel Martinstein) vom 15.6.—25.6. und der Eder (Pegel Schmittlotheim) vom 18.6.—25.6. entsprechen der Dürreperiode vom 8.6.—18.6. Die Lahn führte im Juni noch kein NW unter MNW, was erklärt werden könnte durch eine bessere Grundwasserspeisung der Ohm im Amöneburger Becken. Wie die NW-Periode der Lahn im Juli entsprechen auch die der Nahe vom 7.7.—22.7. und der Eder vom 9.7.—23.7. den Dürreperioden des Juli, deren Unterbrechung vom 13.—16.7. sich freilich in den Wasserständen nicht bemerkbar macht. Die Nahe führte außerdem noch vom 8.9.—30.9. NW, die Weser in Münden sogar bis 16.10., doch muß dort der Einfluß der Edertalsperre und der Mühlen und Wehre in Fulda und Werra berücksichtigt werden.

Ursache der Dürreperioden, die eine NW-Führung der Lahn im Sommer und Herbst 1934 zur Folge hatten, war mangelnder Winterniederschlag, der eine zu geringe Bodenfeuchtigkeit im Frühjahr ergab; im Sommer herrschten zu hohe Temperaturen und die Niederschläge blieben unter dem Durchschnitt.

Das folgende Jahr 1935 wies in Bamberg noch 3 Dürretage mehr auf als 1934, nämlich 37, davon allein 12 im August. Die Lahn hatte in Marburg und Leun an keinem Tage Wasserstände unter MNW, in Gießen wurde es nur am 28.7. und 9.8. erreicht. Auch die Nahe und die Eder wiesen zwar in keinem Monat MW unter MNW auf, doch entsprechen sich die Tage mit Wasserständen unter MNW der Nahe (Martinstein) vom 19.—27.7. und der Eder (Schmittlotheim) am 16. und 27.7. sowie der Nahe vom 6.—12.8. und der Eder vom 4.—13.8. Auch daraus läßt sich vielleicht auf günstigere Bedingungen der NW-Führung der Lahn gegenüber der Nahe und Eder schließen, wie vorher aus dem Fehlen einer NW-Periode der Lahn im Juni 1934.

Der trockene Sommer 1947:

Der schwerwiegendste in seinen Auswirkungen scheint der Sommer 1947, der letzte in dieser Reihe, gewesen zu sein. Von klimatologischer

Seite ist diesem Ereignis eine ausführliche Monographie gewidmet worden („Berichte d. Dt. Wetterdienstes in der US-Zone“ Nr. 7). Gewässerkundliches Material ist dagegen noch schwer zu erlangen, jedoch konnte das Wasserwirtschaftsamt Kassel das Beobachtungsmaterial der Pegel Marburg und Hainmühle zur Verfügung stellen.

Auch den Trockenperioden 1947 ging ein Jahr voraus, das einen besonders trockenen Frühlingsmonat mit niedrigen Wasserständen aufwies. Der April 1946 erhielt nur 50—60 % der normalen Regenmenge; seine mittlere Tagestemperatur war zu hoch mit 3° über dem Durchschnitt, und das Thermometer stieg in Marburg schon fast bis auf 25°. Das Frühjahr 1946 wies in Bamberg auch die einzigen Dürretage des Jahres 1946 auf, von 23 waren es allein 13 im April, der sich durch sehr geringe relative Feuchtigkeit auszeichnete. Es ist verständlich, daß gerade ein trockenes Frühjahr auf den Wasserhaushalt einen großen Einfluß haben muß, da hier schon frühzeitig ein großer Teil der sonst zum Aufbrauch im Sommer zur Verfügung stehenden Bodenfeuchtigkeit verbraucht wird und so bei Eintreten weiterer Voraussetzungen spürbarer Wassermangel entstehen kann.

Eine weitere Voraussetzung für das Auftreten einer Wassermangelperiode war der Verlauf des Winters 1946/47. In jedem Monat zu trocken, waren die Niederschläge und die relative Feuchte unterdurchschnittlich. Im Unterschied zu den ebenfalls niederschlagsarmen Wintern 1873/74 und 1910/11, die sich durch große Milde auszeichneten, waren die Monate Dezember 1946, Januar und Februar 1947 zu kalt und brachten eine ungewöhnlich große Zahl an Eistagen. In Marburg wurden im Dezember 11, im Januar 17 und im Februar sogar 26 Eistage gezählt, an denen die Temperatur nicht über 0° stieg (Gewöhnlich hat der Januar das Maximum mit 9—11 Eistagen). Sogar in Marburg hielt sich eine Schneedecke von Januar bis März mit einer maximalen Höhe von 22 cm.

Die reichlichen Frühjahrsniederschläge des März und April kamen dem Boden noch nicht zugute, da er zu lange gefroren war. Sie flossen mit Hochwasser ab (vgl. S. 68). Eine winterliche Speicherung, die Rücklagen für den Sommer geschaffen hätte, trat also kaum ein. Der Mai brachte dem Lahngebiet zwar noch normale Regenmengen, doch ist in diesem Monat der Verdunstungsverlust bei höheren Temperaturen schon erheblich, wurden doch im Mai in Marburg schon 29° gemessen. Juni und Juli waren zu trocken und zu warm, was in noch höherem Maß von den Monaten August und September gilt, mit 23 und 20 Dürretagen in Bamberg, mit um 4—5° zu hohen mittleren Tagestemperaturen und vor allem im August und noch im Oktober erheblichem Wassermangel. Niederschlagsmengen, die an einzelnen Orten in heißen Sommern gemessen wurden, lassen oft kein Urteil zu über einen im Gesamtgebiet wirklich vorhanden gewesen Wassermangel, da die in dieser Jahreszeit häufigen, kräftigen, aber räumlich beschränkten Gewitterregen wohl hohe Monatsregensummen ergaben, aber die Bodentrockenheit nicht besserten. Damit hängt auch die geringe Beeinflussung der Wasserstände zusammen, da die Gewässer im Sommer gewöhnlich durch Wasser tieferer Bodenschichten gespeist werden als in normalen Wintern.

**Abweichung von Monatsmittelwerten klimatischer Elemente und
Wasserstände im Lahngebiet
1946 und 1947**

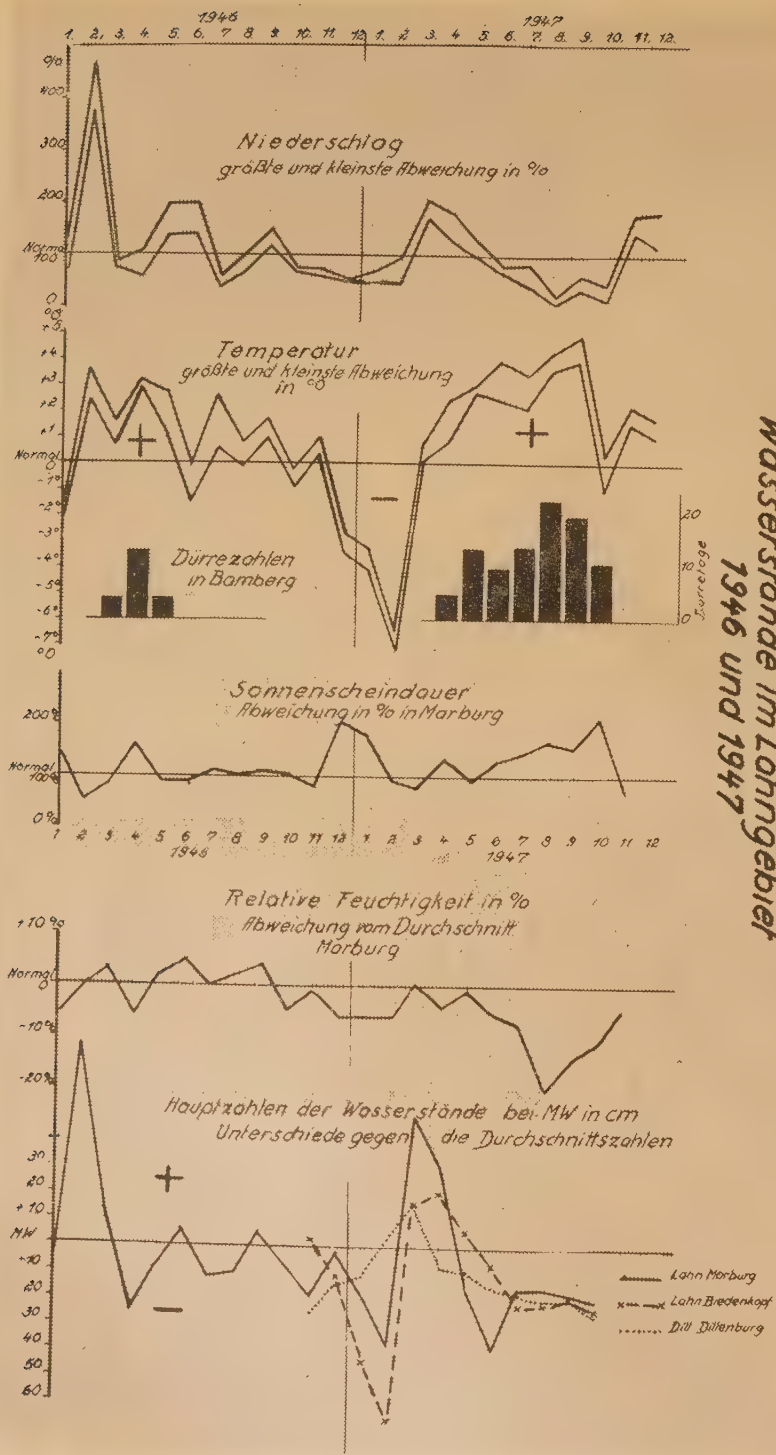


Abb. 19

* Bei Temperatur und Niederschlag wurden von 4 bzw. 5 Stationen die Werte der 2 Stationen ausgewählt, die die größten und kleinsten Abweichungen von langjährigen Monatsmittel aufwiesen.

Tabelle 22 Abweichung der Temperaturen, Niederschläge und Mittelwasserstände vom Durchschnitt

Trockenjahr und Vorjahr T-Temperatur N-Niederschlag Pegel/Station Normalperiode	1873/74	1892/93	1910/11	1920/21	1933/34	1946/47
	$T \pm \sigma$ Marbg, Marbg, Gießen, Gießen 1891/1930	$N \pm \sigma$ Marbg, Marbg, Lahnhof, Gießen 1851/1930	$T \pm \sigma$ Marbg, Marbg, Lahnhof, Gießen 1896/1920	$N \pm \sigma$ Marbg, Marbg, Lahnhof, Gießen 1896/1920	$T \pm \sigma$ Marbg, Marbg, Lahnhof, Gießen 1926/1935	$N \pm \sigma$ Marbg, Marbg, Lahnhof, Gießen 1937/1949
Vorjahr	Jan.	+3,4 82 62 - 4	+0,8 76 79 + 56	+2,0 117 129 + 17	+2,9 223 254 + 105	-1,6 70 97 - 5
	Febr.	+0,8 88 69 - 50	+0,2 128 102 + 48	+2,2 146 157 + 75	+2,1 63 60 - 1	+3,0 372 467 + 78
	Marz	+1,7 77 86 + 47	-2,7 70 31 - 48	+0,1 37 27 - 49	+2,5 86 81 - 54	+1,6 87 82 + 14
	April	-0,4 50 78 - 54	+0,1 19 46 - 34	+0,4 49 59 - 63	+1,4 100 73 - 29	+2,9 55 69 - 26
	Winter					
	Mai	+2,2 76 88 + 13	+0,5 66 83 - 12	+0,2 94 97 - 8	+1,1 20 84 - 35	+2,7 197 159 - 9
	Juni	+1,1 165 80 + 6	-0,1 97 98 - 19	+0,8 137 97 - 1	-0,1 8 37 - 31	-0,2 188 197 + 5
	Juli	+2,1 136 78 + 0	-0,7 46 45 - 28	-1,5 147 146 + 36	-0,2 159 71 - 25	+1,7 56 133 + 22
	Aug.	+1,7 98 66 - 7	+2,7 35 41 - 29	-0,3 123 87 + 14	-1,6 114 133 - 16	+1,1 87 62 - 3
	Sept.	-0,6 57 65 + 1	+0,3 114 76 - 19	-1,0 121 87 + 7	-0,3 106 88 - 17	+1,2 79 74 - 2
Trockenjahr	Okt.	+1,7 87 82 - 20	-1,2 108 60 - 27	+1,4 28 25 - 29	-0,4 37 23 - 33	+0,4 77 73 - 25
	Sommer	+1,4 103 76 - 1	+0,2 78 67 - 22	-0,4 108 90 + 3	-0,3 74 73 - 26	+0,5 101 80 + 2
	Nov.	+0,7 90 58 - 50	+0,2 19 27 - 65	-1,2 194 213 + 59	-2,9 24 15 - 76	-1,0 76 61 - 37
	Dez.	+0,5 23 20 - 58	-2,5 63 61 - 60	+1,9 78 83 + 6	+0,1 67 73 - 102	-4,0 15 7 - 67
	Jan.	+2,1 44 56 - 24	-6,2 77 83 - 93	-0,6 31 25 - 50	+5,1 169 86 + 36	+0,9 100 117 - 30
	Febr.	-0,7 39 31 - 68	+1,9 190 124 + 104	+1,0 158 157 - 7	+1,2 34 47 - 61	+1,1 49 55 - 54
	März	+0,6 59 72 - 76	+1,6 79 87 - 8	+1,8 91 97 - 6	+1,8 14 54 - 118	+0,1 114 127 + 43
	April	+1,6 44 42 - 31	+2,9 0 1,5 - 61	-0,1 93 72 - 45	+0,5 56 44 - 90	+3,6 112 47 - 47
	Winter	+0,8 50 47 - 51	-0,3 71 64 - 30	+0,5 107 108 - 7	+1,1 61 53 - 68	+0,1 78 69 - 46
	Mai	-3,6 100 130 - 3	+0,8 18 21 - 38	+1,2 80 73 - 19	+1,1 86 100 - 64	+1,4 47 151 + 0
Trockenjahr	Juni	+0,3 49 83 - 37	+1,4 27 49 - 41	+0,0 30 54 - 22	-0,7 56 64 - 34	+1,4 73 125 - 19
	Juli	+2,2 31 42 - 29	-0,4 180 140 - 38	-3,1 35 49 - 27	+2,3 12 36 - 43	+2,1 60 70 - 30
	Aug.	-1,1 86 57 - 26	+1,0 55 78 - 24	+4,2 5 35 - 26	+1,0 55 68 - 35	+0,8 100 71 - 25
	Sept.	+1,9 127 62 - 26	-0,7 99 110 - 23	+1,7 50 48 - 34	+0,8 35 55 - 40	+2,7 114 45 - 20
	Okt.	+1,0 70 47 - 49	+1,5 127 153 + 26	+0,2 68 106 - 40	+3,1 42 41 - 52	+1,7 103 170 - 24
	Sommer	+0,1 77 70 - 28	+0,7 84 92 - 23	+1,7 45 61 - 28	+1,3 48 61 - 45	+1,7 83 105 - 20
	Nov.	-2,1 36 98	-1,5 107 100	+1,0 110 121	-4,3 40 51	+0,1 132 61
						+3,0 50 52 - 20
						+2,0 142 150

Die Dauer von Niedrigwasserständen unter MNW von 170 Tagen im Sommer 1947 ist die längste, die bisher seit Beginn der Pegelbeobachtungen von Marburg zu verzeichnen war. In den gleichen Monaten wie 1911 und 1921 lag das monatliche Mittelwasser von Juli bis Oktober unter dem MNW.

Ursachen der NW-Perioden:

Die Hauptursache der NW-Perioden der Lahn ist in allen hier beschriebenen Trockenjahren Niederschlagsmangel gewesen. Doch in keiner dieser Perioden genügte die sommerliche Trockenheit allein zur Erklärung der Wasserklemmen. Die Witterung in den Vorjahren hatte schon für sie die Voraussetzungen geschaffen, die durch die Witterung vor und während der NW-Perioden des eigentlichen Trockenjahres erst ausgelöst wurden. Grunow unterscheidet nach der vorausgegangenen Winterwitterung zwei Haupttypen der Wasserklemmen: solche nach strengem Winter, wie 1947, und solche mit mildem Winter, wie 1911 und 1874; in keinem Falle erfolgte eine genügende Speicherung. Das eine Mal flossen die März- und Aprilregen über gefrorenem Boden ab, das andere Mal war die Speicherung wegen zu geringer oder fehlender Schneedecke ungenügend. Wie bei den Ursachen der Hochwasser, lassen sich die Voraussetzungen zur Entstehung von Niedrigwasserperioden nicht ohne weiteres erkennen, da jedes Ereignis andere, wenn auch ähnliche, ungünstig zusammenwirkende Faktoren aufweist. Um einen Überblick über die meteorologischen und gewässerkundlichen Tatsachen während der verschiedenen Trockenjahre im Lahngebiet zu ermöglichen, wurde die Tabelle 22 beigegeben, die die Abweichungen der Niederschlagsmengen, der mittleren Temperaturen, der Feuchtigkeit und der Monats-Mittelwasserstände vom Durchschnittswert enthält sowie die Bamberger „Dürre-tage“ im eigentlichen Trockenjahr und im Vorjahr.

γ) Niedrigwasserabfluß

Für die Abflußmengen bei NW finden sich im Lahngebiet ebenso wenig sichere Angaben wie bei Hochwasser. Hier liegt die Schwierigkeit, solche zu erhalten, jedoch auf einer anderen Ebene. Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß besonders die unausgebauten Flußprofile starken Änderungen unterworfen sind als Ergebnis der erodierenden und akkumulierenden Tätigkeit des Wassers. Es ist verständlich, daß dies sich gerade bei den niedrigsten Wasserständen in den trockenen Sommern auswirken muß, so daß die NW-Stände der einzelnen Jahre nicht ohne weiteres vergleichbar sind. Vergleiche und Angaben über das Ausmaß von Niedrigwassern sind eigentlich nur möglich, wenn Wassermengenwerte zugrundegelegt werden.

Aus dem Jahr 1911 liegt eine große Reihe von Wassermengenmessungen aus dem Bereich des Wasserwirtschaftsamtes Dillenburg vor. Im August 1911 und September 1947 wurden dort und am Pegel Leun die Werte folgender Tabelle ermittelt:

Tabelle 23

Abflußmengen und -spenden.

Nr.	Gewässer	Ort	N. G. km ²	Datum	Q m ³ /s	q l/s.km ²
1	Lahn	Buchenau	389	18. 8. 11	0,047	0,12
2	Lahn	Biedenkopf	305	18. 8. 11	0,080	0,26
3	Dietzhölze	Eibelshausen	47	23. 8. 11	0,020	0,43
4	Dietzhölze	Fronhausen	80	23. 8. 11	0,025	0,31
5	Haigerbach	Straßenbrücke	51	22. 8. 11	0,040	0,78
6	Dill	Haiger	148	22. 8. 11	0,113	0,74
7	Dill	Burg	514	22. 8. 11	0,320	0,62
8	Kerkerbach	zw. Schadeck u. Staaden	71	24. 8. 11	0,080	1,13
9	Weil	Weinbachmündung	241	24. 8. 11	0,130	0,54
10	Kallenbergsbach	unterh. Niederh. Mühle	56	24. 8. 11	0,051	0,91
11	Aubach	Langenaubach	30	22. 8. 11	0,050	1,70
12	Lahn	Leun	3592	1911 u. 21	2,000	0,56
13	Aar	Herbornseelbach	130	2. 9. 47	0,067	0,52
14	Grenzbach	Blasbach	5,1	4. 9. 47	0,0015	0,30
15	Dill	Dillenburg	163	5. 9. 47	0,156	1,16
16	Lahn	Leun	3592	27. 9. 47	3,000	0,80

In dieser Tabelle fallen einerseits die niedrigen Abflußspenden der oberen Lahn von 0,12 und 0,26 l/s.km² und andererseits die hohen Spenden des Kerkerbaches und Aubachs von 1,13 und 1,7 l/s.km² auf. Die Messungen an der oberen Lahn geben sicher deshalb zu geringe Werte an, weil sich ein großer Teil des Wassers in dem groben Geröll bewegt und nicht zu erfassen ist. Bemerkenswerter sind die hohen Abflußspenden des Kerkerbaches und Aubaches. Eine Erklärung bieten die geologischen Verhältnisse in deren Einzugsgebieten. Das des Kerkerbaches hat Anteil an dem devonischen Massenkalkgebiet, das sich von Limburg bis gegen Weilburg hinzieht; ebenso verzeichnet das geologische Spezialblatt Dillenburg in seiner SW-Ecke, die der Aubach durchfließt, dieses Gestein, welches Vorkommen nur etwa 2,5 km von dem oberhalb der Erdbequelle (vgl. S. 16) entfernt ist. Es handelt sich hier wohl nur um geringe Speicherräume im Vergleich etwa mit dem Briloner Massenkalkplateau, doch die hydrographische Wirkung, die sich gerade in der NW-Führung ausdrückt, ist unverkennbar. Enorm ist die im Sommer 1947 an der Alme, die vom Briloner Massenkalk ihren Ausgang nimmt, gemessene NW-Spende von 11 l/s.km².

2. Oberflächenformen und Wasserabfluß

Das fließende Wasser von Rinnalen, Bächen und Flüssen war es, das die Formenwelt der Landschaften des Lahngbietes geschaffen hat. Rückwirkend bestimmen die Formen wieder den Abflußvorgang, die Energie des Wassers und die Intensität der Erosion. Seine potentielle Energie (m. g. h.), die gegeben ist durch Wassermasse, Gefälle und Höhenlage und Erdbeschleunigung — wenn von der Reibung abgesehen wird — wird umgesetzt in kinetische Energie $\frac{m \cdot v^2}{2}$. Die Kraft des Wassers wächst also mit seiner Masse und mit dem Gefälle, wobei sich seine Geschwindigkeit erhöht. Ist auch im Oberlauf der Flüsse die Wassermasse noch gering, so ist die Energie doch erheblich infolge des hohen Gefälles. Besonders

deutlich wird die Gewalt des fließenden Wassers bei Hochwasser; dann hat es Kräfte frei, sein Bett anzugreifen. Geröll, Schotter, Sande und Lehm werden aus dem Untergrund und den Uferböschungen losgerissen und je nach der dazu notwendigen und vorhandenen Energie mehr oder weniger weit fortgetragen. Läßt die Kraft nach, etwa infolge geringen Gefälles, wie unterhalb von Wehren oder durch seitliches Ausbreiten nach Passieren einer Brücke oder eines engen Tales, dann werden gerollt und schwebend mitgeführtes Material wieder fallengelassen. Bei dem Vorgang der Überschwemmung verringert sich die Wasserhöhe, das Querprofil wird größer, die Geschwindigkeit sinkt; d. h. die Wassermenge nimmt ab, ist sie doch definiert als die Wassermasse, die in der Zeiteinheit einen bestimmten Querschnitt durchfließt (gemessen in m^3/s). Die Geschwindigkeit ist also außer vom Gefälle auch von Wassermasse und Querschnitt abhängig, $v = \frac{m}{q}$.

Je höher die Wassermengen sind, die in der Zeiteinheit über eine Fläche abfließen, je höher also die Abflußspende ist, um so größer ist die Flußdicke. Gesteinsdurchlässigkeit und Gefälle ändern sie, weil dadurch die Wassermenge vergrößert oder verkleinert wird. Die Gefällsverhältnisse und die Talbreiten sind die morphologischen Tatsachen, die den Abflußvorgang bestimmen. Die Flußdicke kann als Anhalt dienen für die gesteinsbedingte Wasserdurchlässigkeit eines Flußgebietes, wenn es gelingt, deren Abhängigkeit von der Abflußspende oder vom Niederschlag, was gleichbedeutend ist, zu finden.

a) Gefällsverhältnisse

Das Längsprofil der Lahn (Abb. 3), das das Gefälle bei Berücksichtigung der Überhöhung an jeder Stelle ihres Laufes ablesen läßt, ist für die Beurteilung der Abflußverhältnisse ein wichtiges Hilfsmittel. Das gilt auch für die Nebenflüsse, doch wurde auf die Wiedergabe weiterer Profile bis auf das der Ohm verzichtet.

Die steilsten Laufstrecken von Lahn, Ohm und Dill, den größten Gewässern des Gebietes, liegen jeweils in deren Quellgebiet. Von über 22 ‰ (22 m auf 1 km) im obersten Laufabschnitt nimmt das Gefälle der Lahn stetig ab, schnell bis zur Ohmmündung bis auf 1,1 ‰. Das geringere Gefälle im Mittellauf hat es dem Fluß ermöglicht, in die Breite zu arbeiten und sich die breiten Talauen zwischen Marburg und Wetzlar zu schaffen. Der geringste Gefällswert beträgt hier 0,40 ‰. Die erneute Hebung des Schiefergebirgsblockes ließ die Lahn im Unterlauf wieder in die Tiefe erodieren. So fließt sie heute dort durch ein enges, gewundenes und steilwandiges Durchbruchstal. Damit ändert sich auch der ausgeglichene Zustand des Gefälles. Kurz vor der Mündung nimmt das Längsprofil eine konvexe Form an, das Gefälle erreicht zwischen Mühlbach und Emsbach noch einmal 1,13 ‰, dann sogar 1,18 ‰. — *Rübens* weist darauf hin, daß in ihrem Untersuchungsgebiet alle Seitentäler des Rheins kurz vor ihrer Mündung einen scharfen Gefällsknick aufweisen (*Gurlitt* 1949 S. 57).

Ebenso gleichförmig sind die Längsprofile von Ohm und Dill. Für erstere bildet das Amöneburger Becken eine primäre Erosionsbasis. Auf ihrem etwa 40 km langen Wege über den Nordabfall des Vogelsberges durchläuft sie Gefällsstufen zwischen 40 und 1,5 ‰, bis sie die Niederung

betritt. Ihr weiterer Lauf von 20 km bis zur Lahn bei Cölbe ist durch einen sehr geringen Höhenunterschied bestimmt. Mit $0,5\text{‰}$ erreicht sie einen Wert, den die Lahn erst flußabwärts Gießen aufzuweisen hat.

Erheblich ist das absolute Gefälle der Dill von den Quellen in 550 m Höhe über NN bis zur Mündung bei 147 m, auf 47 km Lauflänge 400 m Gefälle. Das mittlere Gefälle beträgt also $8,5\text{‰}$ gegenüber dem der oberen Lahn von $6,8\text{‰}$ (396 m auf 58 km). Von der Quelle zur Mündung nimmt das Gefälle der Dill langsamer ab als das der oberen Lahn. Zwischen Onsbach und der Mündung (12,3 km) beträgt es noch $2,03\text{‰}$. Infolgedessen hat die Dill Gebirgsflußcharakter. Entsprechend stärker ist die Zertalung in den obersten Teilen ihres Einzugsgebietes.

Aufschlußreich ist ein Vergleich der durch die Erosionstätigkeit geschaffenen Oberflächenformen in den Quellgebieten der Dill, Lahn, Sieg und Eder, die sich im Rothaargebirge und seinen südlichen Ausläufern gegenüberliegen. Gesteinsaufbau und Niederschlagsmengen der vier Gebiete sind recht gleichartig. Die verschiedene Formengebung, die sich zahlenmäßig erfassen läßt durch Bestimmung der Reliefenergie, ist eine Funktion der Erosionsintensität als Folge der verschiedenen Entfernung der Quellen von der Erosionsbasis in Rhein und Weser.

Von den höchsten Erhebungen (Wasserscheide) wurde der tiefstgelegene Punkt im jeweiligen Flußgebiet in 5 km Entfernung bestimmt. Die Höhendifferenzen betragen bei:

Sieg	336,	308,	274 m
Lahn	234,	188 m	
Dill	308,	296 m	
Eder	186,	134 m	

So ist das oberste Sieggebiet am stärksten zertalt infolge der Nähe des Rheins, die Erosion ist am weitesten gegen die Wasserscheide vortragen worden. Geringer ist die Zertalung bei der Dill und bei der oberen Lahn, die den Rhein auf mehr oder weniger großem Umwege erreichen. Noch wenig ausgeprägt sind die Formen im oberen Edergebiet, dessen Erosionsbasis in der Weser am weitesten entfernt ist.

Doch nicht immer liegt das größte Gefälle im Oberlauf. Einige der Bäche, die auf den im Schiefergebirge und Westerwald reichlich vorhandenen Hochflächen entspringen, haben es noch nicht vermocht infolge der jungen tektonischen Hebung, ihre Gefällskurve auszugleichen. Der Rehbach, der von der Hochfläche des Hohen Westerwaldes zur Dill hinunterfließt, hat zwischen Mademühlen und Driedorf noch 12‰ Gefälle. Die letzte Strecke bis zur Dill überwindet er in steilem Lauf von 29‰ zwischen Seelbach und Körbach. Da dieser Bach dazu reichliche Wassermengen abführt, ist seine ausnutzbare Kraft relativ zur Größe seines Einzugsgebietes die größte im Lahngebiet. Dort wurden deshalb auch die bisher einzigen Talsperren im Lahngebiet angelegt. Ähnliche Gefällsverhältnisse weisen einige Bäche des unteren Lahngebietes auf, so der Elbbach rechts der Lahn und noch ausgeprägter der Emsbach. Oberhalb Ems eilt er über eine Gefällstrecke von $30,8\text{‰}$ zur Lahn hinab. Interessant sind die schluchtartigen Täler, von denen das Höllental am Gabelstein unterhalb von Camberg hier erwähnt sei. Infolge des Gefällsbruches hat die Erosion eines Baches ein fast unzugängliches V-Tal geschaffen.

Die wechselseitigen Beziehungen zwischen Wassermasse, Fließgeschwindigkeit, Gefälle und Talbreiten lassen besonders klar die HW-Abflußerscheinungen erkennen. Dabei treten die größten bewegenden und zerstörenden Kräfte auf, und die landschaftsformende Tätigkeit der Gewässer wird offenbar.

In den obersten Laufstrecken der Lahn und Dill ist die Fließgeschwindigkeit infolge des großen Gefälles so erheblich, daß die Wassermassen, die von den HW-Regen geliefert werden und infolge der Steilheit der Hänge und der geringen Durchlässigkeit des Untergrundes schnell in die Bäche gelangen, eilig abfließen. Hohe Wasserstände werden hier nicht erreicht; um so größer ist jedoch die Wirkung auf den Boden und die Wände des Bettes; die Erosion in die Tiefe und nach der Seite ist kräftig. Grobe Gerölle werden abtransportiert und verstärken die zerstörende Wirkung des Hochwassers. Im Tal der oberen Lahn, etwa oberhalb Feudingen, ist kein Ausuferungsraum vorhanden, der Transport von Wasser und mitgeführtem Material bleibt auf das Bett beschränkt. Veränderungen der Geschwindigkeiten im Profil treten bei Krümmungen auf; die konvexe Außenwand des Ufers wird angegriffen infolge der zu ihr hin verlagerten größten Geschwindigkeit und damit der größten Wassermenge; an der Innenseite zwingt dagegen die geringere Geschwindigkeit den Fluß zum Fallenlassen des bis hierher beförderten Schottermaterials.

Steilwandige hohe Ufer und enge Täler zwingen einen Fluß einen kleineren Querschnitt zu durchfließen, weshalb dieser dort seine Geschwindigkeit erhöhen muß. An solchen Stellen wie etwa oberhalb Laasphe und bei Wilhelmshütte oberhalb Biedenkopf transportiert die Lahn allen Schutt restlos ab. Kaum weitet sich aber das Tal, wodurch der Fluß — wenn nicht Dämme ihn hindern — Gelegenheit erhält, sein Hochwasser auszudehnen, dann fließen die Wassermassen von der gewölbten Mitte über dem Stromstrich mit der größten Geschwindigkeit, nach den Seiten ab. Die nachlassende Geschwindigkeit zwingt auch hier zu Ablagerung, und schadenbringende Überschotterungen der Talwiesen des oberen Lahntales sind die Folgen, wie um Wallau und Biedenkopf nach dem HW 1946. Große Blöcke von mehreren Zentnern Gewicht sind auf diese Weise schon auf die den Fluß begleitenden Wiesen gehoben worden.

Mit geringer werdendem Gefälle läßt die Geschwindigkeit trotz der noch immer wachsenden Wassermasse auch im Stromstrich selbst nach. Ufere der Fluß jetzt aus, so sind es vor allem schwebfähige Sand- und Lehmteilchen, die über die Talauen ausgebreitet werden und der Fruchtbarkeit der Wiesen dienen können. Die Grasnarbe leistet der Tiefenarbeit des Wassers genügend Widerstand, nicht aber im Überschwemmungsbereich liegende Ackerflächen, die oft tief ausgespült worden sind.

Bei Hochwasser sind die Fluten in den verschiedenen Flußläufen im Lahngebiet oft unterschiedlich gefärbt, je nach der Art und Menge der Schwebstoffe, die bestimmt werden durch die Bodenzusammensetzung in den Einzugsgebieten. Bisher liegt noch kein Untersuchungsmaterial über Schwebstoffmengen und deren chemische Zusammensetzung vor, weshalb der Versuch unternommen wurde, durch Wasserprobenentnahme bei HW einen Vergleich zwischen oberer Lahn, Wetschaft und Ohm zu ermöglichen:

Am 12. 2. 50 wurde etwa 1 Liter Flußwasser aus den infolge Schneeschmelze und starken Regenfällen bordvollen Gewässern entnommen. Lahn bei Goßfelden, Wetschaft bei Göttingen und Ohm kurz oberhalb der Mündung. Durch Absitzenlassen, Zentrifugieren, Filtern und Trocknen wurden folgende Schwebstoffmengen erhalten: *

Lahn bei Goßfelden	Wetschaft bei Göttingen	Ohm bei Cölbe
0,104 g/l	0,193 g/l	0,151 g/l

Die geringe Schwebstoffmenge der oberen Lahn bei hoher Fließgeschwindigkeit ist erklärlich durch den höheren Schneewasseranteil und die geröllreichen Ufer. Die Trübung setzt sich relativ schnell im Glase ab.

Der lehmreiche Boden des unteren Buntsandsteins im Wetschaftgebiet wird Ursache des hohen Schwebstoffgehaltes von fast 0,2 g/l sein. Verhältnismäßig gering ist die Schwebstoffführung an der Ohmmündung, da wohl ein großer Teil des Materials bereits auf dem langen Lauf bei geringem Gefälle durch das Amöneburger Becken abgesetzt worden sein wird. Die Teilchengröße ist hier gering, die Trübung blieb nach Schütteln des Wassers lange erhalten.

Über die Art und Lagerung des seit dem Diluvium von der Lahn transportierten und abgelagerten Materials geben einige Bohrerergebnisse Aufschluß, die im Lahntal gewonnen worden sind und von Blume (1948 vgl. S. 152). veröffentlicht wurden:

Tabelle 24

1. Profil Wallau	2. Profil Cölbe
0,00—0,50 m Mutterboden	0,00— 1,80 m Lehm
0,50—1,40 m gelber Lehm	1,80— 2,20 m feiner Sand mit grobem
1,40—1,50 m blauer Lehm	2,20— 3,80 m grober Kies [Kies
1,50—1,80 m lehmiger Schotter	3,80— 4,00 m gr. K. m. großen Steinen
1,80—3,70 m Kies	4,00— 4,60 m gr. K. m. festem Ton
3,70—8,00 m Schieferfelsen	4,60—10,70 m fester lehmiger Kies
	10,70—11,30 m grober fester Stein

b) Talbreiten

Das Lahntal besitzt seine großen Ausuferungsräume, die infolge der Abflußverzögerung durch Überschwemmungen HW erniedrigend wirken, in seinem natürlichen Zustand gerade in seinem mittleren Teil, während der untere Abschnitt das engste Tal des ganzen Flußgebietes enthält, natürlich abgesehen vom Quellgebiet. Das Ohmgebiet enthält in der weiten Niederung des Amöneburger Beckens ein Überschwemmungsgelände von großen Ausmaßen. Bei Hochwasser ist das ganze Land zwischen Kirchhain und Amöneburg von einem einzigen flachen See bedeckt. Infolgedessen ist die zur Lahn gelangende HW-Welle stets stark gedehnt (vgl. Abb. 17) und sie war es sicher noch mehr, als die heutigen Deichbauten noch nicht vorhanden waren.

Die schematische Darstellung der Talbreiten der Lahn und Ohm (Abb. 20) möge diese Verhältnisse klarer veranschaulichen, als es die Beschreibung tun kann.

* Die Bestimmung verdanke ich meiner Frau, Dr. phil. Cornelia Tichy.

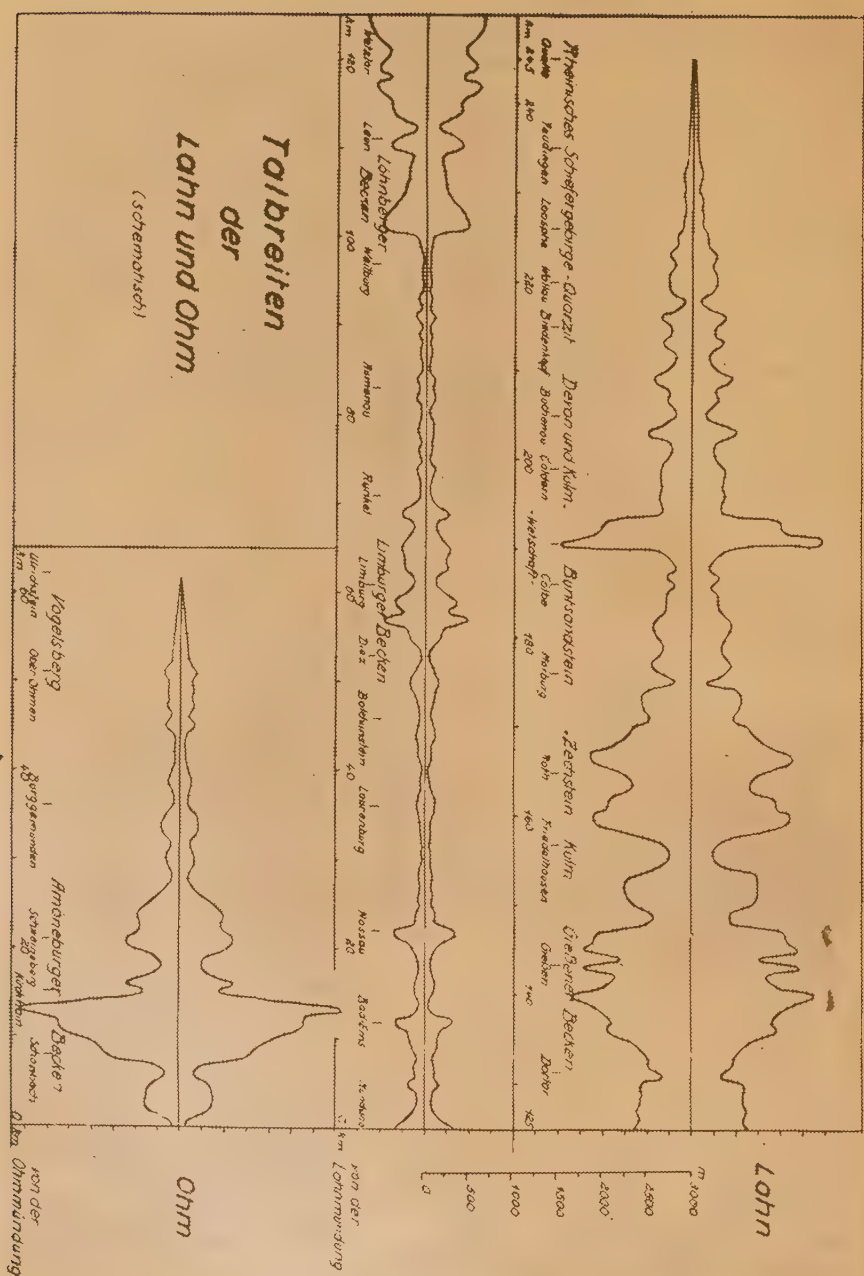


Abb. 20

Nach der ergänzten oder neu durchgeführten Kilometrierung von Lahn und Ohm (nicht des Tales wegen der notwendigen Übereinstimmung mit den amtlichen Unterlagen) wurde für jeden Kilometer die Talbreite gemessen zwischen den das Tal begrenzenden Höhenschichtenlinien des Meßtischblattes. Damit konnte nicht der natürliche Ausuferungsraum erfaßt werden, der meist geringer ist (der tatsächliche wird in den amtlichen Überschwemmungskarten dargestellt); doch es galt, ein anschauliches Bild der Verteilung der Ausuferungsräume über das Lahngebiet hin und ihre Ursachen zu geben.

Durch die Erosion der Lahn selbst und ihrer Zuflüsse und weiter durch den Vorgang der Denudation wurden die Täler geformt und die Talwände zurückgedrängt gegen den Widerstand des anstehenden Gesteins. So ist die Breite des Lahntals außer von der Wassermenge, die etwa bei HW zum Abfluß kommt, und tektonischen Vorgängen, die das untere Lahntal in seiner Art bestimmen, durch die Widerständigkeit des Gesteins gegeben. Leicht vermochte die Lahn ihr Tal bei Wallau und Biedenkopf im Tonschiefer und bei Goßfelden und südlich Gisselberg im Zechstein des Schiefergebirgsrandes auszuweiten. Starke Widerstände leistet der Quarzit des Sackpfeifenzuges bei Wilhelmshütte zwischen Wallau und Biedenkopf. Auch die geringe Breite des Lahntals zwischen Cölbe und Goßfelden im Marburger Buntsandsteinbergland ist gesteinsbedingt. Leicht konnte sich die Lahn weite Talauen schaffen in den Niederungen des Gießener, Löhnberger und Limburger Beckens, ebenso die Ohm im Amöneburger Becken. Tertiäre und diluviale Lockermassen, Lehme und Sande leisteten dem fließenden Wasser wenig Widerstand und wurden bei Überschwemmungen, wie noch heute, von den Alluvionen der Lahn und Ohm überdeckt.

c) Flußdichte

Die morphologische Wertigkeit der Gesteine, die die Talbreitenentwicklung mitbestimmt, tritt in hydrographischer Hinsicht zurück hinter dem Verhalten des anstehenden Gesteins und der Verwitterungsdecke gegen das Niederschlagswasser. Die Wasserdurchlässigkeit eines Materials ist bestimmt durch sein Porenvolumen. Beim Gestein kommt noch die Art der Absonderung hinzu, die Klüftung und Schieferung. Das Porenvolumen und die Wasseraufnahmefähigkeit einer Gesteinsprobe ist direkt meßbar, doch die so gefundenen Werte lassen keine Aussage zu über die Wasserdurchlässigkeit und Speicherefähigkeit des natürlichen Gesteinsverbandes in einem Flußgebiet. Ein Vergleich des Wasserhaushaltes von Einzugsgebieten mit verschiedenem geologischem Aufbau würde die brauchbarsten Ergebnisse liefern. Leider ist es nicht möglich, im Lahngebiet dies Verfahren anzuwenden. Es wurde deshalb der Versuch unternommen, die Flußdichte diesem Zweck dienstbar zu machen.

Schon eine oberflächliche Betrachtung der Gewässerkarte des Lahngebietes (Abb. 1) läßt im Nordteil den Gegensatz zwischen dem dichten Flußnetz im Westen und dem lockeren im Osten erkennen. Ein Vergleich mit der geologischen Übersichtskarte (Abb. 2) läßt die Vermutung zu, daß die verschiedene Gesteinsart im Gebiet der oberen Lahn und der Ohm ursächlich beteiligt ist. Das dort anstehende Gesteinsmaterial, der devonische Schiefer, ist als wenig, der mittlere Buntsandstein als stark durchlässig bekannt (vgl. S. 16 u. 17). Doch die Gesteinsbeschaffenheit ist nicht der einzige wirksame Faktor. *L. Neumann* bestimmte als erster die

Flußdichte durch Bildung des Verhältnisses von Lauf-
längen der Gewässer zur Flächengröße eines Ge-
bietes $\frac{L}{F}$ (vgl. Neumann, L. 1900 S. 219—240). Seine Methode hat sich
besonders im Mittelgebirgsland trotz mancher Abänderungsversuche (vgl.
Feldner 1902, Puls 1910, Wolff 1912, Gutersohn 1932, Gönnerwein 1931)
bewährt. Er fand als die wirkenden Faktoren die Gesteinsart, das Gefälle,
die Niederschlagshöhe und die Bodenbedeckung. Um die Flußdichte als
Funktion der Gesteinsdurchlässigkeit zu ermitteln, müssen die anderen
Faktoren in ihrer Wirkung bekannt sein; erst dann ist ein Vergleich ver-
schiedener Flußgebiete möglich.

Die Ursprünge der Talbildung im Lahngebiet liegen in der Zeit des
Diluviums und zum Teil im Tertiär. Die heutige Bodenbedeckung
wird sich auf das Gewässernetz noch nicht wesentlich ausgewirkt haben.
Bis in junge geschichtliche Zeit war das Berg- und Hügelland, das den
größten Anteil am Lahngebiet hat, gleichmäßig mit Wald bedeckt. Der
Einfluß der Bodenbedeckung auf die Flußdichte möge aus diesem Grund
unberücksichtigt bleiben.

Das Gefälle nimmt etwa wie der Niederschlag mit der Höhe zu
und ist deshalb vom Niederschlag als wirksamer Faktor nicht leicht zu
trennen. Zunächst wurde deshalb nach Errechnung der Quotienten die
Flußdichte mit dem mittleren jährlichen Niederschlag
in Beziehung gesetzt.

Die Gebietsgrößen der Teileinzugsgebiete und der mittlere Gebietsnieder-
schlag sind schon zur Berechnung der Gebietsniederschlagsmengen (vgl. S. 33)
benutzt worden, nur die Flußlängen waren noch zu bestimmen. Es wurden die
Laufängen der ständig fließenden Gewässer auf dem Meßtischblatt mit dem Zir-
kel durch Streckenaddition gemessen.

Die Tabelle 25 enthält die Flußgebiete in der üblichen Anordnung, wie es
ihrer Lage im Gewässernetz des Lahneinzugsgebietes entspricht. Außer Gebiets-
größe und Lauflänge der Gewässer sind der mittlere Gebietsniederschlag in mm
und die vorherrschenden Gesteinsarten angeführt. Gebiete mit allzu ungleich-
mäßiger Gesteinszusammensetzung wurden nicht berücksichtigt. Die gefundenen
Ergebnisse wurden in ein Koordinatennetz eingetragen (vgl. S. 104), auf dessen
Abszisse die Flußdichtequotienten und auf dessen Ordinate der Gebietsnieder-
schlag in mm aufgetragen ist.

Die graphische Darstellung Abb. 21, die die Ergebnisse der
Tabelle 25 überblicken läßt, kann dazu dienen, die verschiedenen Ur-
sachen der Flußdichtewerte in den einzelnen Teilflußgebieten finden zu
helfen:

Der Bereich der devonischen Schiefer, Grauwacken
und Diabase (tu, tm, to, D) im Gebiet der oberen und mittleren Lahn
und der Dill enthält Einzugsgebiete der Zuflüsse 1.—3. Ordnung mit Nie-
derschlagshöhen zwischen 650 und 1150 mm. In diesem Bereich schwankt
der Wert des Flußdichtequotienten zwischen 0,9 und 1,7. Mit zunehmender
Höhenlage und reichlicherem Niederschlag wächst die Flußdichte etwa
nach Art der — — — eingetragenen Kurve. Abgesehen vom Lahnquell-
gebiet (Nr. 1 und 2) entfernen sich die Werte von oberer Perf (7a),
Dautphe (9) und oberer Wohra (13 li) am weitesten von dieser durch die
Punktschar gelegten Kurve. Sichtlich ist hier die höhere Flußdichte eine
Folge der stärkeren Erosionskraft des Wassers bei hohem Gefälle, wie
es im Quellgebiet der Lahn und ihrer Nebenbäche vorhanden ist.

Tabelle 25

Flußdichte im Lahngebiet

Nr.	Flußgebiet Bezeichnung	Größe F in km ²	Lauflänge Lin km	Fluß- dichte L/F	Nieder- schlag in mm	geologische Formation
1	2	3	4	5	6	7
1	Lahn bis Rüppersbach	24,8	42,5	1,71	1150	tu
2	Rüppersbach	20,9	33,4	1,60	1160	tu, tm ₁
3	Ilse	13,3	19,7	1,48	1110	tm ₁
5	Banfebach	37,9	43,2	1,14	1060	tmit
6a	Laasphebach	18,6	23,6	1,27	1090	to2t, to ₁
7a	Perf bis Gansbach	19,6	23,1	1,18	860	} tm, to D
7b	Gansbach	23,4	26,9	1,15	870	
7d	Diete	26,0	27,0	1,05	900	
9	Dautphe	41,6	50,0	1,20	850	cg, D, to
11a	Wetschaft bis Wollmar	35,2	26,5	0,75	660	sm Verwerfungen!
13a	Ohm bis Seenbach	28,0	19,0	0,68	860	Basalt
b1	Seenbach bis Gilgbach	41,4	36,4	0,88	820	Basalt
b2	Gilgbach und Streitbach	47,3	39,2	0,83	920	Basalt
d1	Felda bis Zeitbach	34,8	25,0	0,72	920	Basalt
d2	Zeitbach	8,2	8,8	1,07	907	Basalt zu klein!
(α)	Schwalm bis Warnbach	25,4	17,6	0,69	880	Basalt
(β)	Ellersbach bis Scheer- wasser (zu Lauter)	9,5	11,3	1,18	1150	Basalt versumpft
13i6	Netzbach	31,4	10,9	0,35	620	dl, sm, so
n	Arxbach	26,0	30,1	1,15	600	so, dl, Verwerfung!
p	Rotes Wasser	52,4	29,3	0,56	630	sm
11	Wohra bis Schweinfe	43,1	53,0	1,23	735	cg, tm
12	Schweinfe	35,8	24,5	0,68	660	sm Verwerfungen!
13	Holzbach	18,3	11,4	0,62	660	sm Verwerfungen!
15	Schiffelbach	11,6	7,6	0,65	660	sm Verwerfungen!
17	Bentreff	48,7	16,9	0,35	660	su
19	Josbach	18,8	9,8	0,52	650	sm
110	Wadenbach	13,9	5,0	0,36	630	su
112	Hetzbach	36,0	18,4	0,51	665	sm
15a	Allna bis Ohe	35,9	33,0	0,92	710	cg
b	Ohe	44,1	41,0	0,93	715	cg
19a	Salzböde bis 19b	34,7	30,5	0,88	775	} cg, tm ₁ , tu ₃
b	Römershäuser Bach	9,7	9,5	0,98	775	
c	Vers	42,6	38,8	0,91	680	
(25)	Teil rechts der Lahn	28,4	39,1	1,37	670	cg (Krofdorf)
24	Bieber	35,9	33,7	0,94	660	D, cg
26a	Kleebach b. 26b	57,8	53,7	0,93	660	tu3u
b	Schwingbach	24,4	29,0	1,19	670	cg wie (25)
29a	Dill bis Roßbach	23,7	27,5	1,16	970	tu3o
b	Roßbach	23,0	25,8	1,12	980	tu3o
38a	Kallenbergbach bis b	32,0	25,8	0,80	865	Basalt, to
b	Faulbach	23,2	17,5	0,75	860	Tertiär
c	Föhlerbach	26,7	17,5	0,66	835	tm ₁
40a	Weil bis 40 b	54,8	44,3	0,81	880	tu3u
b	Schnepfenbach	5,8	5,5	0,95	800	tu3u zu klein!
d	Laubach	28,5	19,1	0,67	750	tu3u
f	Wiesbach	34,6	26,3	0,76	725	tu3u
46a	Elbach bis 46b	42,3	39,4	0,93	900	} Basalt und db
b	Schafbach	47,9	39,2	0,83	931	
c	Holzbach	32,0	18,2	0,57	940	Basalt
e	Lasterbach	45,5	26,3	0,58	890	Basalt
(γ)	Klingbach (Kinzig) Blatt Salmünster	28,1	10,2	0,36	850	su ₂ , sm ₁
(δ)	Finkenbach (Neckar) Blatt Ebersbach	73,7	42,1	0,57	1000	sm

Fluiddichte und Jahresniederschlag

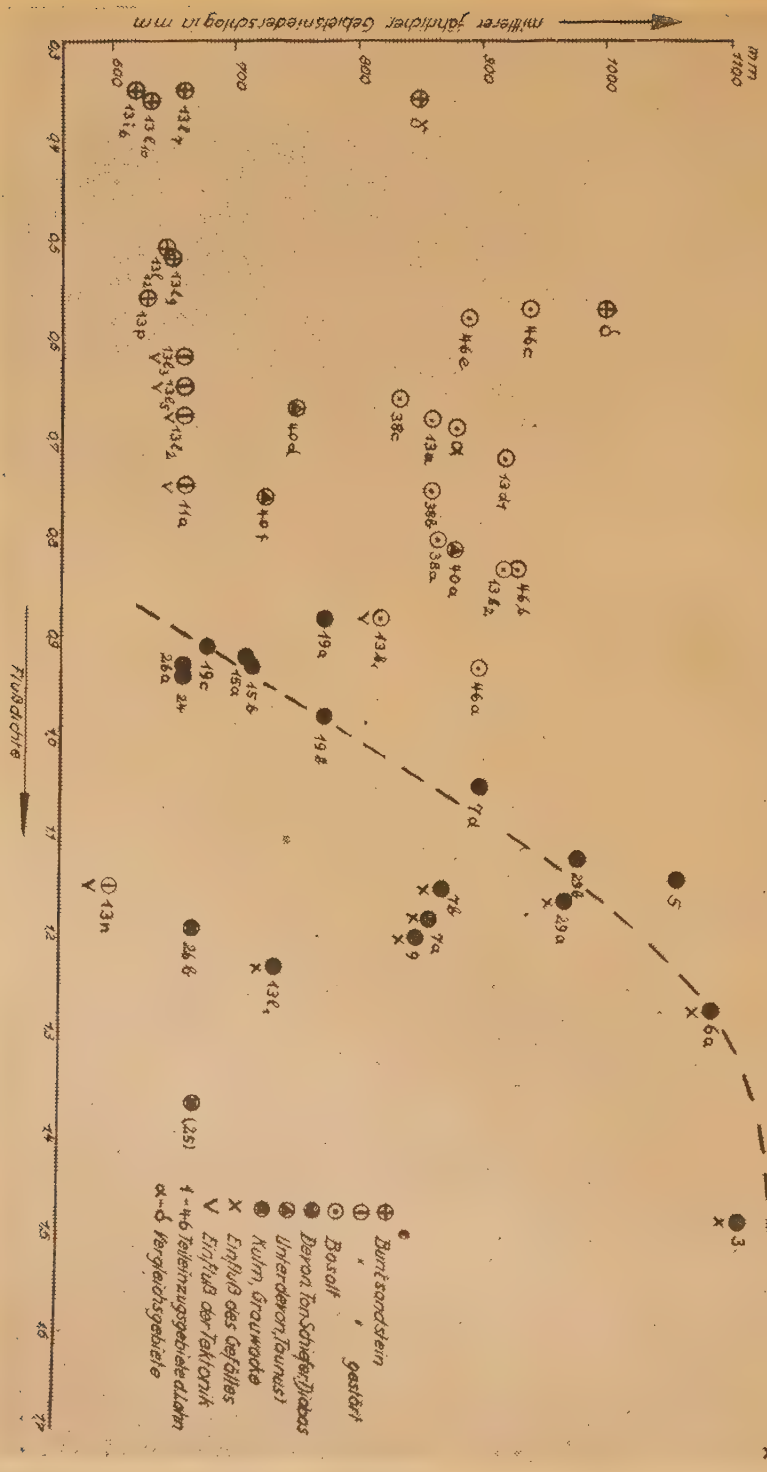


Abb. 21

Besonders hoch ist die Flußdichte infolge der geringen Durchlässigkeit des Gesteins im Bereich der Kulmgrauwacken (cg) wie im Krofdorfer Forst (25) und im Schwingbachgebiet (26b). Auch die Einzugsgebiete der Allna (15), der Vers (19c) und der Bieber (24) haben Anteil an gleichem und ähnlichem kulmischem Gestein, das die stärkere Zertalung zur Folge hatte.

Innerhalb des Bereiches der paläozoischen Sedimentgesteine weisen die Gebiete im nördlichen Taunusvorland, die von Unterkoblenzschichten (tu3u) aufgebaut sind, die geringste Flußdichte auf. Es handelt sich um sandige Schiefer und Grauwackenschiefer (vgl. geol. Blatt Oberreifenberg), die eine höhere Durchlässigkeit aufweisen werden als die devonischen Tonschiefer und kulmischen Grauwacken (cg).

Unübersichtlicher als im Bereich der alten Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges sind die Verhältnisse in den Flußgebieten, deren Untergrund von Basalt und tertiären Sedimenten gebildet wird. Im Vogelsberg nimmt die Flußdichte deutlich mit dem Ansteigen der Niederschlagshöhe zu (vgl. Ohm 13a und Felda 13d₁). Die höheren Werte des Seebaches werden durch die in seinem Gebiet vorhandenen Verwerfungen zu erklären sein. Sie lenkten den Bach aus der der Abdachung des Gebirges entsprechenden O—W-Richtung ab in die S—N-Richtung zur Ohm hin. Dadurch wurden mehrere der sonst schmalen und wenig verzweigten Flußgebiete zusammengefaßt. Das benachbarte Schwalm-Quellgebiet (α) paßt in die mit dem Niederschlag ansteigende Linie. Bemerkenswert sind die Verhältnisse im Oberwald im Gebiet des Ellerbaches (β), der zum Vergleich herangezogen wurde. Er entsteht im Hochmoorgebiet der Breungeshainer Heide, und sein Gebiet ist auch weiterhin infolge der Bedeckung des Basaltes mit undurchlässigem entkalkten Löss versumpft, weshalb die Flußdichte über Erwarten groß ist.

Im Westerwald förderte die Bedeckung des anstehenden Basaltes mit lehmigem Basaltverwitterungsschutt den Oberflächenabfluß und damit die Flußdichte (vgl. Elbbach 46a und Schaffbach 46b). In den Mulden des Hohen Westerwaldes konnten leicht Stauweiher für die Fischzucht angelegt werden, zu denen heute Talsperren kommen (Driedorf und Mademühlen), die nur infolge der abdichtenden Wirkung der Lehmdecken dort möglich sind. Gering ist die Flußdichte, wo der Basaltschutt zurücktritt wie in den Gebieten von Holzbach und Lasterbach (46c und e).

Die geringsten Werte der Flußdichte finden sich im Lahngebiet in seinem NO-Teil, der vom Buntsandsteingebiet eingenommen wird. Die Niederschlagshöhen liegen hier nur zwischen 600 und 660 mm, weshalb in diesem Gebiet deren Einfluß auf die Flußdichte nicht untersucht werden kann. Um zu erfahren, ob ein solcher Einfluß besteht, ist die Flußdichte zweier Einzugsgebiete außerhalb des Lahngebietes bestimmt worden. Der zur Kinzig fließende Klingbach (Blatt Salmünster) (γ) hat bei etwa 850 mm Niederschlag fast den gleichen niedrigen Wert mit 0,37 wie Bentreff und Wadenbach (13 l₇ und 13 l₁₀) mit Niederschlägen um 650 mm. Der Finkenbach (δ) nordöstlich Heidelberg (Blatt Ebersbach), dessen Gebietsniederschlagssumme etwa 1000 mm betragen wird, hat keine höhere Flußdichte als das Rote Wasser (13 p) mit 630 mm. Gerade in den beiden Gebieten von Bentreff und Wadenbach herrscht der untere Buntsandstein (su), der als weniger durchlässig gilt als der mittlere. Die

übrigen Flußdichtewerte im Buntsandsteingebiet liegen höher und sind wohl meist durch das Auftreten von Quellen an den N—S-streichenden Verwerfungslinien bedingt (vgl. Wetschaft (11 a), deren Quellbach südlich Roda von S nach N fließt). Besonders kennzeichnend sind die Verhältnisse beim Arxbach (13 n), der sein Wasser aus vielen kleinen Bächen erhält, die an der Hauptverwerfung am W-Rand des Amöneburger Beckens entspringen.

Auf die Abhängigkeit der Flußdichte vom Niederschlag ist nach *Neumann* (a. a. O. S. 225—232) auch in allen weiteren Arbeiten hingewiesen worden, die sich mit der Bestimmung dieser Quotienten und der Klärung der wirksamen Faktoren beschäftigt haben. Auch *Gönnenwein* (1931, S. 31) gelang es nicht, eine Abhängigkeit der Flußdichte vom Niederschlag zu erkennen. Erst jetzt, wo genügend genaue Niederschlagskarten vorliegen, die es erlauben, den mittleren Gebietsniederschlag eines Flußgebietes zu bestimmen, kann der Versuch zu einem brauchbaren Ergebnis führen. *Neumann* wies darauf hin, daß nicht die Jahresmittel des Niederschlags für die Flußdichtebearbeitung wichtig seien, sondern die Extremwerte, da die Hochwasserregen die stärkste Erosion zur Folge hätten. Wie wir zeigen konnten, geben die Extremwerte keinen Aufschluß über die HW-Regenmengen (vgl. S. 72). Benutzte man eine Karte der Niederschlagssummen von HW-Regen, wie sie hier mitgeteilt wurden (vgl. Abb. 15), dann würde sich die Anordnung der Flußgebiete im hier verwendeten Koordinatennetz nicht wesentlich ändern. Hatte es sich doch bei Untersuchung der Niederschläge, die zu Hochwasser führten; gezeigt, daß die Verteilung der Regensummen über das Lahnggebiet hin der Verteilung der mittleren Jahressummen entspricht (vgl. S. 70).

Flußdichtewerte von Gebieten verschiedenen Gesteinsaufbaus sind demnach nur vergleichbar unter der Voraussetzung gleicher Niederschlagshöhe und gleicher orographischer Verhältnisse, wenn es sich nicht um Buntsandstein handelt, wo die Abhängigkeit der Flußdichte vom Niederschlag schwer zu erkennen ist. Tektonisch gestörte Gebiete, deren Wasserführung stark von fremder Grundwasserspeisung abhängt, müssen dabei ausscheiden. Für einen Bereich von 600—700 mm Jahresniederschlag hat die Flußdichte, die dann als Vergleichsmaß der Wasserdurchlässigkeit im Untergrund gelten könnte, im Lahnggebiet folgende Werte:

Tabelle 26

Durchlässigkeit der Gesteine und Flußdichte

	stark durchlässig			→ undurchlässig		
	Buntsandstein	Basalt	Basaltschutt	Unter- koblenz	M-Devon- Schiefer	Kulm- grauwacke
Flußdichte	0,35	0,55	0,65	0,70	0,85	1,3
Verhältniszahlen, wenn Buntsandstein = 1	1	1,6	1,9	2,0	2,4	3,7

Flußdichtebestimmungen sind nicht nur von Interesse für die wissenschaftliche Morphologie der Erdoberfläche. Sie können der Hydrographie in Flußgebieten mit fehlenden oder fehlerhaften Abflußmessungen Auskunft geben über die durch den Gesteinsuntergrund bedingten Abflußverhältnisse. Durch Tektonik und Relief verursachte Abweichungen von dem zu erwartenden Verhalten lassen Besonderheiten in den Einzelgebieten erfahren, die sonst nur dem geländekundigen Geologen bekannt sein können. *W. Wundt* (1937 S. 73) wies bereits auf diese Möglichkeiten hin mit den Worten: „Eine geringe Flußdichte ist daher in gewissem Umfang ein Maß für das der Verdunstung entzogene Wasser...“

3. Wald und Wasserabfluß

Daß der Bodenbedeckung eine hohe Bedeutung für den Wasserhaushalt eines Gebietes zukommt, ist eine Erfahrungstatsache, die durch zahlreiche Untersuchungen und Beobachtungen in allen Ländern der Erde ihre Bestätigung gefunden hat. Jede Änderung der Art und der Dichte der Pflanzenbedeckung eines Bodens wirkt sich deutlich auf die Wasserführung der Gewässer aus, vor allem aber ist dies der Fall bei einem Wechsel in der Zusammensetzung der Wälder und noch mehr bei einer Zu- oder Abnahme ihres Anteils an der Fläche eines Flußgebietes. Die Ursachen liegen einerseits in dem wegen des Massenwachstums sehr hohen Transpirationswasserbedarf in der Vegetationszeit und andererseits vor allem darin, daß das Eindringen des Niederschlagswassers durch die Baumwurzeln und den durch die Streubedeckung locker gehaltenen Boden gefördert wird. Doch die Beziehungen zwischen Wald und Wasser sind so vielseitig, daß sie hier nicht ausführlich darzustellen sind. Es kann nur unsere Aufgabe sein, einen Überblick zu geben über die Waldverhältnisse im Lahnggebiet und auf ihre Bedeutung für die Wasserführung hinzuweisen, sind doch im Lahnggebiet darüber noch keinerlei Untersuchungen angestellt worden.

a) Anteil des Waldes und der Waldarten am Lahnggebiet

So wünschenswert es wäre, wenn die aus Bodenbenutzungserhebungen gewonnenen statistischen Angaben nach Flußgebieten zusammengefaßt würden statt nach politischen Einheiten, weil damit nicht nur für hydrographische Zwecke wichtige Vergleichsmöglichkeiten für die Entwicklung und Änderung der natürlichen Gegebenheiten durch den Menschen geschaffen würden, so ist dies wegen der großen Schwierigkeiten doch nur selten geschehen. Für das Lahnggebiet wurde eine statistische Übersicht über die Bodenbenutzung vom Vorarbeitenamt in Arbeit genommen. Im Rheinstromwerk von 1889 wird der Anteil der Wald- und Odlandflächen am Lahnggebiet nach den Erhebungen von 1885 mitgeteilt:

Tabelle 27

Anteil von Wald und Odland am Lahnggebiet 1885.

	Gesamtfläche	Wald	Anteil	Odland	Anteil
Mittelgebirge (über 600 m)	727,39 km ²	286,478 km ²	39,4 %	11,692 km ²	1,6 %
Hügelland und Talebene	5142,61 km ²	2104,838 km ²	40,9 %	20,498 km ²	0,4 %
Lahnggebiet	5870,00 km ²	2391,316 km ²	40,6 %	32,190 km ²	0,55 %

Dort heißt es, daß Veränderungen in der Ausdehnung der Waldflächen im Lahnggebiet im Laufe des 19. Jahrhunderts nicht von größerer Bedeutung seien, da die Flächen neugerodeten Waldes durch Wiederaufforstung ausgeglichen worden seien.

Auch über den Anteil von Laub- und Nadelholz werden dort Zahlen genannt, aber nur die Angaben der Länder und Regierungsbezirke. 1885 betrug im Reg.-Bez. Wiesbaden, von dessen Waldfläche 1394 km² in Lahnggebiet liegen, der Laubholzanteil 80,5 % gegen 19,5 %

Nadelholz. Im Reg.-Bez. Kassel, von dessen Wäldern 868 km² in den Kreisen Marburg und Frankenberg im Einzugsgebiet der Lahn liegen, betrug der Laubwaldanteil an der zum Rheingebiet gehörenden Fläche 62,7 % gegenüber 35,9 % Nadelwald. Vor allem im Reg.-Bez. Wiesbaden überwog also der Laubwald ganz erheblich. In den folgenden Jahrzehnten nahm sein Anteil aber ständig ab, wie ein Vergleich der Laub- und Nadelwaldflächen von Hessen-Nassau zwischen den Erhebungen von 1927 und 1937 schon erkennen läßt:

Tabelle 28.

Laub- und Nadelholzfläche in Hessen-Nassau 1927 und 1937.

Jahr	Holzbodenfläche gesamt	Laubwald u. Anteil Niederwald	Nadelholz	Anteil
1927	659 719,7 km ²	382 540,9 km ² 58 %	277 178,8 km ²	42 %
1937	668 162 km ²	375 698 km ² 56 %	292 464 km ²	44 %

(aus: Statist. Jb. f. d. Dt. R. 1938 S. 96—97 und Stat. Handb. von Deutschland, München 1949 S. 184—185)

In Hessen überwiegt noch heute der Laubwald, und das wird auch für das Lahnggebiet gelten, was sich nach Abschluß der obengenannten Arbeiten ergeben wird. Im ehemaligen Staat Hessen überwog 1885 in seinem Rheingebietsanteil der Laubwald mit 52,3 % nur wenig den Nadelwald und im Laufe der weiteren Entwicklung hat der Nadelwald so viel gewonnen, daß er den Laubwald im Jahre 1927 mit seinen 52,7 % und 1937 seinen 55% an Flächengröße übertraf.

Ein charakteristisches Beispiel für die Wandlung des Waldbildes in den letzten 200 Jahren bieten die Aufzeichnungen der Fürstlich Wittgensteinschen Forstverwaltung, die freundlicherweise zur Verfügung gestellt werden konnten. Da deren Waldgebiete zu einem großen Teil im Lahngquellgebiet liegen, sind die Angaben hier von großem Interesse.

Tabelle 29

Laub- und Nadelholzfläche der fürstl. Wittgenstein'schen Forsten 1730 bis 1945

Waldfläche	1730		1859		1895		1919		1945	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Laubwald u. Niederwald	12 715		7 785	63,1	4 227	31,6	4 027	29,9	2 300	19,2
Nadelwald bes. Fichte	530		2 088	17,4	8 800	65,8	9 052	67,3	9 121	76,3
Blößen	?		2 419	19,5	353	2,6	384	2,8	533	4,5
Gesamt	?		12 292	100	13 380	100	13 463	100	11 954	100

Im Jahre 1841 heißt es, daß dauernder Buchenhochwald-Betrieb zum Rückgang führte. 1859 berichtet ein Forstmann: „Die Schläge wurden immer lichter, der Boden verwilderte und verfilzte immer mehr, man quälte die Buche zu Tode. Ein Viertel der Bestände waren Blößen.“ Der neue Plan war: Abtrieb der unwüchsigen Bestände, Neuanpflanzung dieser und der Blößen mit Fichten. Zwischen 1860 und 1864 wurden allein 1625 ha mit 10 552 264 Fichtenpflanzen aufgeforstet.

Über gleichartige Waldverwüstungen im linksrheinischen Schiefergebirge, die ihren Höhepunkt zu Beginn des vorigen Jahrhunderts erreichten, werden von *Schmithüsen* (1934 S. 17) zeitgenössische Berichte mitgeteilt. Weitere ähnliche Berichte liegen aus dem Ebbegebirge (1791) und dem Bergischen Land (1834) vor, die von *H. Hesmer* veröffentlicht wurden. (*Decheniana* Bd. 103 1948 S. 94). Es handelt sich also um eine allgemeine Erscheinung des Niedergangs der Waldbestände in Westdeutschland, die erst mit Beginn der modernen Forstwirtschaft ihr Ende fand. Daß dabei oft mit Nadelholz, in den regenreichen Mittelgebirgen mit Fichte, aufgeforstet wurde, erklärt sich aus der Bedürfnislosigkeit, der Schnellwüchsigkeit und deshalb der Rentabilität dieser Holzart. Stieg doch der jährliche Nutzungsanfall der Wittgensteinschen Waldungen vor allem infolge der Nadelholznutzung seit 1821 bis zum Jahre 1919 um das 60fache.

Eine besondere Art der Waldnutzung, die *Haubergwirtschaft*, kommt innerhalb des Lahngebietes heute noch im nördlichen Teil des Dillkreises vor. Buchen- und Eichenniederwald wird in 16jährigem Umtrieb genutzt, worauf Getreide angebaut wird. Es handelt sich nie um größere zusammenhängende Kahlschläge, so daß eine Bodenzerstörung weitgehend vermieden wird. Bei der heute stattfindenden Umwandlung von Haubergen in Hochwald darf der Laubwald nicht hinter der Aufforstung mit Fichten zurückstehen.

Betrachtet man die vom heutigen forstwirtschaftlichen Standpunkt aus katastrophalen Waldverhältnisse in der Zeit des Beginns des 19. Jahrhunderts, dann taucht die Frage auf, wie diese sich wohl auf die Wasserführung der Flüsse und die Quellspenden ausgewirkt haben. Sie wurde auch bereits 1837 von dem Forstmann *Pfeil* zu beantworten versucht in einem Aufsatz mit dem Titel: „Rührt der niedrige Wasserstand der Flüsse, insbesondere derjenige der Elbe und Oder, welchen man in der neueren Zeit bemerkt, von der Verminderung der Wälder her?“ (*W. Friedrich* 1949 S. 29). Da damals noch keine Regen- und Wasserstandsbeobachtungen gemacht worden sind, die heute zugänglich wären, so weiß man darüber nichts. Der Wasserbedarf der noch geringen Bevölkerung und der Binnenschifffahrt war in dieser Zeit noch nicht so erheblich, die Landwirtschaft war noch nicht so intensiv, als daß sich einschneidende Wirkungen bemerkbar gemacht hätten. Die Tatsache der geglückten Wiederaufforstung zeigt jedoch, daß eine dauernde „Versteppung“ des deutschen Bodens, von der fälschlicherweise heute oft geredet wird, nicht zu erwarten ist. Doch die Verheidung, die damals weit um sich gegriffen hat, war und ist nicht weniger gefährlich, und die Verschlechterung des Bodens als deren Folgen kann eine Wiederaufforstung sehr erschweren.

Karten der Waldverbreitung zeigen, daß die ausgedehnten Wälder des Lahngebietes im Lahnquellgebiet, im Buntsandsteinbergland und im Taunus liegen. Der Burgwald ist wohl als das größte geschlossene Waldgebiet des Bereiches zu bezeichnen. Die Wälder blieben dort erhalten, breiteten sich da aus und werden heute als Forsten genutzt, wo Klima oder Boden oder beide zugleich den Ackerbau und die Weidewirtschaft nicht lohnen. Es sind die Höhen und die steilen Hänge im Berg- und Hügel-land sowie die nährstoffarmen Buntsandsteinflächen (vgl. Karte der Waldverbreitung Deutschlands 1 : 1 000 000).

b) Wald — Frosttiefe — Hochwasserabfluß

Waldreichtum eines Flußgebietes wird ebenso wie Waldmangel häufig als Ursache von Extremen der Wasserführung angesehen. Es gilt als verständlich, daß Waldreichtum infolge des hohen Transpirationswasserbedarfs der Waldbäume, besonders der Fichte, die als „Wassersäuer“ bekannt ist, zu einer Verschärfung des Wassermangels in Gewässern und im Grundwasser führe. „In Wirklichkeit ist aber die Gesamtverdunstung des Waldes gar nicht wesentlich höher, als die anderer Pflanzenbestände (R. Keller in *Decheniana* Bd. 103 S. 54), was damit zusammenhängt, daß die Verdunstung im Kronen- und Stammraumklima des Waldes durch die hohe Luftfeuchtigkeit stark herabgesetzt ist“ (Troll in *Decheniana* S. 15). Möglich ist dagegen die Verschärfung der Niedrigwasserführung in trockenen Sommern durch Waldarmut, besonders bei Neigung des Bodens zur Dichtschlammung bei starken Regenfällen und undurchlässigem Untergrund, da dann der winterliche Niederschlag fast völlig zum oberflächlichen Abfluß kommt, und für Trockenzeiten keine Reserven vorhanden sind.

Die wasserzurückhaltende Wirkung des Waldes macht sich besonders im Sommer geltend, da Wolkenbrüche im Waldgebiet sich nur wenig im Ansteigen der Bäche bemerkbar machen, während sich in entwaldeten Landstrichen dann schnell reißende Fluten bilden. Doch in Westdeutschland ist der Winter die Zeit der Hochwassergefahr, deshalb gilt es hier, die wasserhaltende, ausgleichende Wirkung des Waldes in dieser Jahreszeit zu betrachten und die Frage zu beantworten, ob und wie Waldbestände einen wirksamen HW-Schutz bilden.

Ein Transpirationswasserverbrauch, eine aktive Verdunstung fehlt in dieser Zeit der Vegetationsruhe; gering ist bei tiefen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit die passive freie Verdunstung. Es steht also praktisch fast alles Niederschlagswasser für den oberirdischen und unterirdischen Abfluß zur Verfügung, nachdem sich der Boden und seine Bedeckung, die Oberfläche der Bäume und Sträucher und die Streudecke, mit Wasser gesättigt haben. Zu Beginn der Regenfälle ist die dadurch verursachte Abflußverzögerung sehr groß in den Wäldern mit ihrer großen Oberflächenausbildung im Vergleich zu Acker und Wiese.

Zwischen den Waldarten besteht im Winter dadurch ein gewisser Ausgleich, daß im Laubwald zwar Unterholz und Streudecke die Zurückhaltung fördern, im Fichtenwald jedoch die Oberflächenausbildung im Nadelkleid sehr erheblich ist, so daß bei schwachen Regen bis 5 mm $\frac{2}{3}$ der Regenmenge nicht zum Boden kommen (vgl. Geiger 1950 S. 324), während die Laubbäume entblößt sind und der Boden freiliegt. Die tiefreichenden Wurzelsysteme der Bäume und des Unterholzes ermöglichen die Weiterleitung des Wassers in tiefere Bodenschichten. Hier finden sich im Laubwald günstigere Verhältnisse als im Fichtenwald, da das Regenwasser wegen der Anordnung der Zweige und Nadeln den Stamm und die Hauptwurzeln kaum erreicht; auch wurzeln ja die Fichten zu flach, um das Einsickern des Wassers über die Wurzel zu begünstigen.

Von großer Bedeutung ist der lockere, porenreiche Wald-Humusboden unter der Streudecke, die eine Dichtschlammung, wie sie auf lehmreichem Ackerboden leicht eintritt, verhindert. Der Zustand des Wald-

bodens ist demnach ein wichtiger Faktor für den Abfluß der Niederschlagsmengen. Indirekt wirkt der Wald auch auf diesen Bodenzustand ein, was gerade im häufig schneearmen, westdeutschen Winter auf die HW-Erscheinungen von Einfluß ist. Einige Hochwasser, darunter das vom Februar 1946, hatten deshalb so verheerende Folgen, weil die kräftigen, langanhaltenden Regenfälle auf gefrorenen Boden fielen (vgl. S. 68). Der Waldboden enthält im Winter immer genügend Feuchtigkeit, die bei Frostwetter gefriert und das Porenvolumen verkleinert, wodurch die Wasserdurchlässigkeit herabgesetzt wird. Je tiefer die Bodenschichten gefroren sind, um so geringer ist die Möglichkeit des raschen Auftauens durch den einsetzenden Regen, um so mehr wird der Oberflächenabfluß begünstigt und das Hochwasser verschärft.

Die bisherigen Veröffentlichungen über die Frosttiefe in Wäldern mit verschiedenen Holzarten lassen Unklarheiten und können nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse im Lahngebiet übertragen werden.*

Gelegentliche Einzelbeobachtungen sind wegen der komplexen Verhältnisse des Wärmegangs im Waldboden unzulänglich, es lassen sich keine Gesetzmäßigkeiten gewinnen, sondern nur das allgemeine Verhalten andeuten. Dennoch wurden im Winter 1948/49 und 1949/50 in Zusammenarbeit mit dem Vorarbeitenamt und örtlichen Forstdienststellen Beobachtungen über die Frosttiefe in Acker-, Wiesen- und Waldboden angestellt. Dieser Zeitraum war wegen der relativen Wintermilde nicht günstig, doch die wichtigsten Tatsachen lassen sich erkennen:

Die Geschwindigkeit des Eindringens des Frostes in den Boden ist als physikalischer Vorgang abhängig von der Wärmeleitfähigkeit der betreffenden Bodenart (vgl. auch W. Kreutz 1942). Am Ende der beobachteten Frostperiode vom 19.—29. 12. 48 hatte der Frost in den Versuchsboden der Gießener Anlage am 28. 12. folgende Tiefen erreicht:**

Tabelle 30

	Sand	sandiger Lehm	Lößlehm	humoser Boden
Tiefe in cm	46,6	40,6	30,9	23,9
Geschwindigkeit am Tag	5,2	4,5	3,4	2,0

Weiter ist die Frosttiefe abhängig vom Wassergehalt des Bodens, da beim Gefrieren des Wassers Wärme frei wird; ferner natürlich von der Dauer und Intensität der Frostperioden.

Die Bodenfeuchtigkeit betrug bei den Böden in Gießen im Mittel der Zeit vom 17.—31. 12. 48 auf 100 g trockenen Boden in 10—20 cm Tiefe:**

bei Sand	lehmigem Sand ***	Löß	humosem Boden
8,6 %	27,8 %	23,17 %	48,3 %

* Nach J. Schubert drang in Eberswalde der Frost im Mittel bei der Feldstation bis in 47 cm Tiefe ein, im Kiefernwald bis 34 cm, im Buchenwald bis 38 cm, im Fichtenwald sogar bis 45 cm (vgl. J. Schubert 1930 S. 362 und Hann-Süring 1939 S. 105). Wie Herr Dr. W. Kreutz, Gießen, dazu erklärte, sind Versuche auf diesem Gebiet mit genügender Ausstattung für eine Dauer von 3 Jahren vorgesehen.

** Die Daten wurden entnommen aus Agrarmeteorologische Monatsübersicht, Gießen, Dezember 1948.

*** in Heidelberg.

Die Frosttage haben an der bekannten Zunahme der Feuchtigkeit von Sand über Löss zu humosem Boden nichts geändert.

Um den Einfluß der Bodenbedeckung bei verschiedenen Waldarten kennenzulernen, wurden Bodentemperaturmessungen nördlich Wehrshausen auf der Buntsandsteinstufe am 26.12.48 gemacht. Es herrschte klares Frostwetter mit einer Lufttemperatur von -4°C am Nachmittag.

Tabelle 31

Bodentemperaturen bei Frostwetter.

Fläche	Acker (gepflügt)		Wiesenstreifen		Laubwald (locker)		Nadelwald (dicht)	
	Tiefe cm	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Tiefe cm	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Tiefe cm	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Tiefe cm	Temp. $^{\circ}\text{C}$
	10	-0,6	10	0,2	3	0,1	2	-0,1
	20	0,1	15	0,6	20	0,7	10	0,6
	30	0,0	25	1,4			20	0,8
							30	2,0
Bemerkungen	Hart gefroren		Grasnarbe gefroren		Humusschicht bis 2,5 cm gefroren		Nadeldecke gefroren	

Diese Beobachtungen, die durch gleichzeitige Spatenproben in der Gegend von Dillenburg ergänzt wurden, zeigen, daß eine Bodenbedeckung den Untergrund gegen das Eindringen des Frostes weitgehend isoliert. Während der Frost in den Ackerboden etwa bis 20 cm eingedrungen ist, erfaßte er in dem Wiesenstreifen dicht daneben nur die Grasnarbe. Die Wälder wiesen keine bemerkenswerten Unterschiede auf. Wenn auch die Streudecke gefroren ist, so bleibt doch die Wasseraufnahmefähigkeit des Waldbodens erhalten infolge des großen Porenvolumens der Humusdecke. Streunutzung ist also unbedingt auch aus diesem Grunde zu vermeiden. Dringt der Frost infolge von länger anhaltendem Frostwetter tiefer ein, dann verringert sich natürlich die Gunstwirkung des Waldes, doch gegenüber dem Freiland besteht sie auch dann noch. So war am 29.1.1950 der Ackerboden an der gleichen Stelle wie im Vorwinter bis etwa 30 cm gefroren, der Boden unter dem Wiesenstreifen bis 20 cm; im Buchen- und ebenso auch im Fichtenbestand hatte der Frost die untere Grenze der Humusdecke in 10 cm Tiefe erreicht.

c) Wirkungen des Waldes auf den Wasserabfluß

Im Lahngebiet sind keine Beobachtungen angestellt worden, die es zuließen, etwas über die hier herrschenden Verhältnisse auszusagen. Es ist jedoch möglich, die Erfahrungen, die als Ergebnis von Untersuchungen in anderen Ländern gewonnen wurden, zu übernehmen und sinngemäß auf ein Flußgebiet im deutschen Mittelgebirge, wie es das Lahngebiet darstellt, anzuwenden. Einwandfreie Angaben, die die wirklichen Bedingungen treffen, sind so natürlich nicht möglich. Bisher gründete man sich vor allem auf die Untersuchungen im Sperbel- und Rappengraben im Emmen-

tal (Schweiz), die von *Engler* (1919) und *Burger* (1934 und 1943) veröffentlicht worden sind. *

Durch die starken Einschläge in den Nachkriegsjahren ist es nun auch in Deutschland möglich, solche Untersuchungen anzustellen. *Wagenhoff* berichtete bereits über seine im Harz begonnenen Untersuchungen (vgl. *Wagenhoff* 1949). Dort konnten, wenn auch erst nach langem Suchen, zwei vergleichbare Flußgebiete gefunden werden, wo heute die Meßreihen laufen. Die wichtigsten Tatsachen, die in der Schweiz, in den USA und in den Weißen Karpaten gefunden wurden, gelten sicher zum großen Teil auch für das Lahnggebiet, weshalb sie hier kurz in Anlehnung an *W. Friedrich* (1949) zusammengefaßt seien:

1. Der Wald hat in Mitteleuropa keinen nennenswerten Einfluß auf die Höhe der Niederschläge. Die aus starkem Nebel gelegentlich aufgefangenen Wassermengen kommen meist nicht einmal auf den Boden und sind im Wasserhaushalt zu vernachlässigen. Der von *Schubert* (1937) in der Letzlinger Heide gefundene Anteil von 6 % des Jahresniederschlags, der durch den Wald verursacht sein kann, ist zu gering, um erhebliche Auswirkungen haben zu können.
2. Mit seiner großen Oberflächenausbildung, die besonders im Fichtenbestand erheblich ist, halten Laub- und Nadelbäume verschieden große Regenmengen zurück, die nicht dem Erdboden zugute kommen, sondern direkt wieder verdunsten. Es ist dies nach *Friedrich* die in der amerikanischen Literatur sog. „interception“, durch die der Wald auf die am Boden meßbaren Niederschlagsmengen erniedrigend wirkt.
3. Im Schatten der Wälder ist die Schneedecke bei größerer Luftruhe vor Einstrahlung und Verdunstung geschützt und schmilzt langsamer als im Freiland. Die Schneeschmelze dauert in Waldgebieten länger, weshalb die HW-Spitzen in dieser Zeit nicht so hohe Werte erreichen wie bei schneller Schneeschmelze im freien Land.
Umgekehrt kann jedoch durch das gleiche Verhalten des Waldes ein Hochwasser erhöht werden. Treten starke Regenfälle auf, wenn der Schnee außerhalb des Waldes bereits geschmolzen ist, er in den Beständen aber noch liegt, dann kommt aus dem Waldgebiet zusätzlich Schneewasser zum Abfluß und verschärft ein Hochwasser. Solche Fälle sind gerade bei den neuen Messungen im Harz schon erfaßt worden, und sie zeigen, daß man nicht einfach von dieser oder jener Wirkung des Waldes auf den Abfluß reden darf.
4. In der Wasseraufnahmefähigkeit ist der Waldboden, besonders der des Laubwaldes dem Freiland immer überlegen, wie durch zahlreiche Versuche bewiesen werden konnte.
5. Die Gesamtverdunstung eines Gebietes, die zusammengesetzt zu denken ist aus Interception, Erdbodenverdunstung und Transpiration, wird durch Kahlschlag verkleinert, weshalb sich der Abfluß erhöht. Wie die amerikanischen Messungen im Wagon Wheel Gap in Colorado, zeigen auch die Ergebnisse des ersten Beobachtungsjahres im Harz diese Tatsache.

* Ein Literaturauszug über Untersuchungsergebnisse zu diesem Thema wurde dankenswerterweise von Herrn Forstmeister Dr. *Wagenhoff* zur Verfügung gestellt.

6. Alle Versuchsreihen erweisen die wichtige hochwassererniedrigende Wirkung des Waldes, die sowohl im Winter als auch im Sommer vorhanden ist, abgesehen von der in Punkt 3 genannten Ausnahme.
7. Unterschiedlich sind die Ergebnisse über die Art der Niedrigwasserführung in Waldgebieten. Während *Engler* und *Burger* in der Schweiz im schwachbewaldeten Gebiet kleinere NW-Abflußspenden messen konnten als im vollbewaldeten, ähnlich auch *Valek* in Mähren, ergaben die amerikanischn Versuche das Gegenteil.

Die nach Kahlschlägen entwaldeten Gebiete lieferten auch in NW-Zeiten mehr Wasser als die Waldgebiete. Die Versuche im Harz scheinen dies zu bestätigen. Es wird dies verständlich wegen des Fortfalls der Interception und der geringeren Transpiration im Kahlschlaggebiet, kommt aber m. E. nur in Betracht in Sommern mit normalen Regenfällen.

8. Alle Versuche ergaben eine starke Erhöhung der Schwebstoff- und Geschiebeführung durch Kahlschläge, die noch gefördert wird bei Verwendung von Raupenfahrzeugen und Stubbensprengungen. Die gemessenen Werte sind unterschiedlich, da sie durch die Art der Böden und des Untergrundes bestimmt werden.

Die bodenhaltende Wirkung des Waldes muß im deutschen Mittelgebirge als die wichtigste gelten, da nichtwiederaufgeforstete Flächen, besonders solche mit größerem Gefälle, durch die Bodenzerstörung nachhaltig geschädigt werden können.

Einer Kritik bedarf die seit jeher übertriebene Meinung von der Wirkung des Waldes auf Klima und Wasserhaushalt. Es ist hier vor allem Vorsicht geboten bei der Übernahme von Ergebnissen, die in anderen Klimaten gewonnen worden sind. Von einer Einwirkung auf das Großklima zu sprechen, das uns die enormen Witterungsextreme der vergangenen Jahre brachte, ist unsinnig. Vorsicht ist ebenso geboten bei Überlegungen, die den Wasserhaushalt betreffen, da noch viel zu wenig gemessen worden ist, um so mehr aber geredet und geschrieben wurde. *Friedrich* weist besonders darauf hin, daß obengenannte Versuchsergebnisse in Gebieten erhalten sind, die oft weniger als 1 km² groß sind. Der Anteil des Waldes am Lahngebiet beträgt aber etwa 40 % bei einer Fläche von 2400 km². Einzelne Kahlschläge auch größeren Ausmaßes, wie wir sie bisher wie das Harzgebiet etwa in der Nachkriegszeit hier nicht zu verzeichnen hatten, werden auf das Gesamtgebiet nur dann einen Einfluß ausüben können, wenn sie an so wichtigen Standorten, wie sie die Hauptquellgebiete darstellen, vorgenommen würden.

C. Verbindung anthropogeographischer Tatsachen und Forderungen mit physisch-geographischen Voraussetzungen als Aufgabe der Wasserwirtschaft im Lahnggebiet bei Talsperrenanlagen

Gravelius definierte die Wasserwirtschaft mit folgenden Worten: „Wasserwirtschaft ist die Gesamtheit derjenigen Maßnahmen, durch welche die Forderungen des menschlichen Haushaltes in Gleichgewicht gebracht werden sollen mit den Leistungen des von der Natur gegebenen Wasserhaushaltes“ (*Gravelius* 1905 S.32). Von diesen Leistungen handelten die vorhergehenden Abschnitte über die natürlichen Grundlagen einer Wasserwirtschaft im Lahnggebiet. Es wurden vor allem die Abflußverhältnisse in Abhängigkeit von Klima und Witterung, sowie von Boden, Untergrund, Oberflächenformen und Bodenbedeckung behandelt, soweit es im Rahmen der Aufgabe und trotz des mangelhaften Beobachtungsmaterials möglich war.

In diesem auf die Anwendung vorstehender Ergebnisse hinweisenden Abschnitte gilt es, die „Forderungen des menschlichen Haushaltes“ an das Wasser und ihre Verwirklichung an einem Einzelbeispiel zu erkennen.

Die Auffassung von *Gravelius* reiht die Wasserwirtschaft ein in die Geographie des Menschen, ja er bezeichnet sie geradezu als „Wirtschaftsgeographie des Wassers“. „...ich meine, — daß die Beziehungen des Menschen zum Wasser gar nicht anders als geographisch erkannt und verstanden werden können, hängen sie doch ab von Verteilung, Anordnung und Lage räumlicher Elemente auf (und in der Nähe) der Erdoberfläche. Was ist denn die Projektierung einer Kanallinie? Nichts anderes doch als ein Problem angewandter Geographie, in dessen Lösung Momente physisch-geographischer und wirtschaftsgeographischer Natur eintreten. Mit der gelungenen Projektierung ist der Kanal nicht gebaut, mag man einwenden. Gewiß nicht. Mit dem Beginn des Baues, d. h. der praktischen, technischen Ausführung dessen, was bisher nur Idee war, setzen Wissenschaft und Kunst unserer Ingenieure ein, um die Triumphe zu feiern, deren Erreichung wir von ihnen erwarten. Bevor aber diese Arbeit der realen Wirklichkeit beginnen kann, muß die Idee im Geiste des Schöpfers des ganzen Werkes fertig gewesen sein, und sie ist es eben, wie schon gesagt, die nur geographisch geschaffen werden kann. Man vergesse doch diese Wahrheit nicht: Es wird mehr Geographie gelebt als gelehrt.“

Diese Worte gelten wie für die Projektierung einer Kanallinie ebenso für die Planung von Talsperren und Hochwasserschutz-Anlagen. Auch hier sind die Grundlagen geographischer Natur:

1. Notwendigkeit des Hochwasserschutzes

HW-Schutzmaßnahmen sind im Laufe der Weiterentwicklung der Kulturlandschaft notwendig geworden, weil der Mensch weiteren Siedlungsraum, fruchtbares Ackerland und bequeme Verkehrswege brauchte. All dies fand er in den durch Überschwemmungen gefährdeten Talniederungen (H. Schmidt (Oldenburg) 1948/49). Das Bestreben des Menschen ging dahin, die Hochfluten möglichst schnell und gefahrlos abzuleiten. Dazu dienten Dämme, die den Fluß einengten und auf ein bestimmtes HW-Bett beschränkten. Durch Geradelegung erreichte man einen schnelleren Abfluß des Hochwassers. Solche Eindeichungen wurden im Amöneburger Becken an der Ohm und im mittleren Lahntal von Cölbe bis zur hessischen Grenze vorgenommen. Auf diese Weise verloren Lahn und Ohm große Teile ihrer Ausuferungsräume, die bisher geeignet waren, die zerstörende Kraft der unvermeidlichen, durch meteorologische Ereignisse eintretenden Hochwasser zu mindern. Diese natürliche, durch die Breite der Täler gegebene HW-Schutz geht auf Kosten des Ackerlandes, da dieses wegen der Gefahr der Bodenabschwemmung bei HW nicht im Überschwemmungsbereich liegen darf. Will man eine Erhöhung der HW-Spitzen in Zukunft vermeiden und doch der landwirtschaftlichen Nutzung weitere Flächen auf dem fruchtbaren Talboden zuführen, dann müssen künstliche Staudämme geschaffen werden. Dies ist ein Beispiel für die Herstellung eines „Gleichgewichtes“ durch die Wasserwirtschaft.

Auch die Weiterentwicklung der Kulturlandschaft außerhalb der Talräume bleibt nicht ohne Folgen auf die HW-Führung. Je mehr Flächen vom Wald entblößt der Acker- und Weidewirtschaft zugänglich gemacht werden, je stärker die Bedeckung mit Häusern und festen Straßen ist, um so höher ist die Wassermenge, die im oberflächlichen Abfluß direkt dem nächsten Vorfluter zugeführt wird. An den Feld- und Waldwegen wird es notwendig, schon bei deren Anlage diesen Gesichtspunkt zu beachten, und sie möglichst quer zum Hang zu führen. Das Ausheben von Gräben, die das zusammengeströmte Wasser wieder verteilen, anstatt es in den nächsten Bach zu schicken, ist so von großem Nutzen für die Allgemeinheit.

Die Eindeichungen und Flußregulierungen, die die Abflußgeschwindigkeit der HW-Wellen erhöhen, weil Ausuferungen verhindert werden, vermeiden einen HW-Schaden nur an den Stellen, zu deren Schutz sie dienen, wie z. B. der Ringdamm um das Dorf Niederwald in der Ohmniederung oder die Dämme im Stadtgebiet von Marburg. Je weiter die Eindeichungen im Oberlauf der Lahn und Ohm fortgeführt werden, um so höher werden die HW-Spitzen steigen, um so höher müssen die Dämme im Unterlauf der Lahn errichtet werden. Falls keine genügenden HW-Schutzmaßnahmen im Gebiet der oberen Lahn und Ohm getroffen werden, wird es nötig sein, die Dammkrone im Gebiet der Stadt Marburg nach den Erfahrungen vom Februar-HW 1946 um 0,50 m zu erhöhen. Die einzige nachhaltig wirkende Möglichkeit, Abhilfe zu schaffen, ist die, die in der Vergangenheit beseitigten Ausuferungsräume durch die Anlage von Talsperren und HW-Rückhaltebecken zu ersetzen.

Die Gründe, die HW-Schutzmaßnahmen erforderlich machen, liegen demnach auf dem Gebiet der Kulturgeographie.

2. Auswahl des Ortes von Talsperren

Geographischer Art sind auch die Vorbereitungen zur Auswahl des Ortes von HW-Schutzanlagen. Bevor man an große Bauten denkt, sollte man die natürlichen Überschwemmungsräume möglichst ausnutzen:

Im Lahngebiet bietet sich die weite, wiesenreiche Niederung im Amöneburger Becken um Kirchhain geradezu an (vgl. Gutachten O.-Reg.- und Baurat Jacob, Jan. 1949). Die Möglichkeit gewinnt vor allem dadurch, daß die gefährlichen Lahn-Hochwasser stets im Winterhalbjahr aufzutreten pflegen. Um den Scheitel der Lahn-HW-Welle zu beeinflussen, würde es also genügen, etwa ein bis drei Wochen lang zu überstauen, was durch Polderanlagen möglich ist. Mit Beginn der Vegetationsperiode ist das Gebiet dann wasserfrei und steht der Weide- und Graslandnutzung wieder zur Verfügung. Sommer-Hochwasser wird dann wie bisher durch Dämme und Flußausbau unschädlich abgeleitet. Auf diese Weise würde ein Niederschlagsgebiet von rund 870 km² mit einem mittleren Jahresniederschlag von 700 mm erfaßt werden.

Ein weiterer geographischer Gesichtspunkt ergibt sich aus der Tatsache, daß die hochgelegenen Quellgebiete von Lahn, Ohm, Wohra und Dill bei HW-Regen die höchsten Niederschlagsmengen erhalten. Obwohl es sich nur um kleine Einzugsgebiete handelt, können dort große Wassermengen erfaßt werden durch Anwendung des geographischen Gesichtspunktes der Lage und des Klimas.

Die Talbreiten sind dort gering; um genügend Wasser zurückhalten und damit die Lahn-Hochwasserwelle ausreichend beeinflussen zu können, müssen die Speicherräume reichlich bemessen werden. Es besteht die Möglichkeit, in mehreren Tälern der Nebenbäche Einzeldämme zu bauen, die nur dem HW-Schutz dienen, oder eine große Talsperre anzulegen, deren HW-Schutzwirkung dann noch durch solche Rückhaltebecken erhöht werden kann. Hier legt der Techniker den Maßstab der Wirtschaftlichkeit an. Es ist der Bau einer Talsperre deshalb günstiger, weil sie nicht nur dem HW-Schutz, sondern einen mehr oder weniger großen Teil des Jahres über, je nach Witterungsablauf, auch der Kraftgewinnung und der Niedrigwasseranreicherung dienen kann. Gerade hier, in den Gebieten mit großem Gefälle, sind Anlagen zur Wasserkraftausnutzung von hohem Wert.

Bei der Auswahl des Ortes für den Bau eines Dammes oder einer Mauer an der Sperrstelle tritt wieder ein geographischer Gesichtspunkt in den Vordergrund. Nicht nur wegen der Baukosten ist ein Tal günstig, das sich unterhalb einer Ausweitung stark verengt. Ein gutes Beispiel für einen solchen, von der Technik ausgenutzten Fall ist die Edertalsperre, wo die widerständigen Kulmgrauwacken die Talwände unterhalb von Waldeck zusammendrängen.*

Eine orographisch sehr günstige Stelle findet sich im oberen Lahntal in dem weiten Tal von Wallau, das durch die Enge bei Ludwigshütte abgeschlossen wird. Doch diesen Bereich hat der Mensch fest in Besitz

* Zur Abhängigkeit der Talsperren von orographischen Verhältnissen vgl. die Dissertation von M. Steinert „Die geographische Bedeutung der Talsperren“, Jena 1911, S. 3.)

genommen, er dient der Industrie und der Landwirtschaft; seine Verwendung durch Überstauung würde sich nicht lohnen. Das Vorarbeitenamt schlug als geeignete Stelle das Lahntal oberhalb Laasphe vor. Das Niederschlagsgebiet der Lahn beträgt dort 72,8 km², die mittlere jährliche Niederschlagssumme 1135 mm.

Bei der Auswahl des Ortes macht sich ein weiterer natürlicher Faktor geltend, der geologische Untergrund. Hat es doch wenig Sinn, große Wassermassen zu stauen und HW-Schutz zu bieten, wenn im Lauf der folgenden Monate ein großer Teil davon durch das Gestein und seine Klüfte verlorengeht und für die Kraftgewinnung nicht mehr zur Verfügung steht. Stets werden deshalb den Planungsarbeiten geologische Gutachten zugrundegelegt:

Die einzigen bisher im Lahnggebiet ausgeführten Talsperren liegen im Westerwald, im Gebiet des Rehbaches. Im Gutachten der Geologischen Landesanstalt vom 3. 2. 36 für die Krombachtalsperre, die im Herbst 1949 ihrer Bestimmung übergeben werden konnte, heißt es: „Den Untergrund bildet zersetzter Basalt in verschiedenen Stadien der Verwitterung. Unter der Erdoberfläche liegt eine verhältnismäßig dünne Schicht dichten Materials, reiner oder steinarmer Letten mit gut dichtenden Eigenschaften. Nach unten folgt sehr klüftiger, wasserdurchlässiger, zersetzter Basalt, an einzelnen Stellen rötlicher, stark verwitterter Basalt-Zersatz, stark tonhaltig, der bei Wasserzutritt leicht zerfließt. Die Lettenschicht darf nicht zerstört werden. Für Dammbau kann Material verwendet werden, das weniger als 20 % Ton enthält.“

Im Basaltgebiet des Westerwaldes und des Vogelsberges ist also die Anlage von Talsperren nur unter besonders geeigneten Bedingungen möglich. Unmöglich sind Talsperren wohl im Buntsandsteingebiet, d. h. es ist noch nie versucht worden, dort solche anzulegen, weil man es für unvorteilhaft hielt. Doch auch im Grundgebirge sind die Verhältnisse nicht immer geeignet: Bei Diabasen (Gutachten von Prof. Kegel vom 10. 3. 42) hängt die Durchlässigkeit von ihrer Zerklüftung ab, wie bei den meisten Eruptivgesteinen. Am durchlässigsten sind die Wulst- oder Kissen-diabase. Körniger Diabas und Olivindiabas sind weniger durchlässig, aber bisweilen so wasserreich, daß man Wasserversorgungen in ihnen anlegen kann. Auch die Tonschiefer, wie im Ilsetal, sind unterschiedlich geeignet. Während die dunklen Wissenbacher Schiefer des unteren Mitteldevons undurchlässig sind, sind es die der Cultrijugatusschichten nicht, wegen ihres Karbonatgehaltes. Durchlässig sind auch die Kulmkieselschiefer, weniger die Grauwacken. Werden Dichtungsmaßnahmen erforderlich, dann wird natürlich der Bau einer Talsperre sehr verteuert.

3. Bemessung von Hochwasserschutzraum

Die Bearbeitung der HW-Mengen und der Abflußverhältnisse bei HW (vgl. S. 77 ff.) hatte das Ziel, Unterlagen zu liefern für die Bemessung von HW-Schutzraum. Der Techniker bestimmt, wie groß die Wassermenge sein muß, die zu stauen ist, wenn ein gewisser HW-Schutz gegeben werden soll. Wollte man den ganzen Inhalt einer HW-Welle bei geschlossener Sperre festhalten, so würde eine enorm hohe Mauer notwendig sein (vgl. Berichte

des Vorarbeitenamtes, Aktenmaterial). Die Wasserspende, die während des HW nicht zurückgehalten wird, wird als „unschädlicher Abfluß“ bezeichnet. Soll eine Talsperre auch der Kraftgewinnung dienen, so muß dafür gesorgt werden, daß sie am 1. Mai möglichst gefüllt ins Sommerhalbjahr geht. Da nach dem 15. März keine erheblichen HW gefährlichen Regenfälle zu erwarten sind, wird ein zu bemessender HW-Schutzraum nur bis zu diesem Datum freigehalten, die weiteren Niederschläge dienen der Füllung des Staubeckens. Bei der Edertalsperre wurde bei ihrer 202,4 Millionen m³ Fassungsraum ein HW-Schutzraum von 30 Millionen m³ vorgesehen.

Dies Beispiel von den Talsperrenplanungen ist nur eins von vielen, die zeigen können, wie notwendig es bei wasserwirtschaftlichen Maßnahmen ist, diese den natürlichen Verhältnissen entsprechend durchzuführen und das Gleichgewicht mit dem Wasserhaushalt der Natur herzustellen; es sei nur auf die Aufgaben der Wasserversorgung und der Abwasserbeseitigung hingewiesen, wo weniger Abflußverhältnisse zu betrachten sind, als der Grundwasserhaushalt, die landwirtschaftliche Nutzung und die Lebewelt der Gewässer.

Wohl selten vermögen menschliche Maßnahmen so leicht den natürlichen Ablauf der Vorgänge in einer Landschaft zu ändern, als es gerade durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen geschieht. Die geographische Wissenschaft, die die Gesamtheit der Landschaften und die Beziehungen zwischen Mensch und Natur betrachtet, hat in der Wasserwirtschaft ein Feld, wo ihre Arbeit praktischen Wert erlangt.

Man vergesse doch diese Wahrheit nicht: „Es wird mehr Geographie gelebt als gelehrt!“

Literaturverzeichnis

- Agrarmeteorologische Monatsübersicht für ... herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst in der US-Zone, Agrarmeteorologische Forschungsstelle Gießen. Jahrgang II—IV, 1948—50.
- Bergeron, Tor: Richtlinien einer dynamischen Klimatologie. Meteorologische Zeitschrift, Jg. 1930, S. 246—262.
- Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone. Nr. 7. Der heiße und trockene Sommer 1947. Bad Kissingen 1949.
- Bernatzky, A.: Unser Wald. Natur und Volk. Bd. 79, S. 106—113.
- Blume, Helmut: Die Marburger Landschaft. Gestalt und morphologische Entwicklung. Marburger geographische Schriften. Bd. 1, Marburg 1949.
- Böttcher, Wolfgang: Die Niederschläge im Rheinischen Schiefergebirge. Diss. Bonn 1941. Beitr. z. Ldkde d. Rheinlande. 3. Reihe, Heft 5.
- Bücking, W.: Mitteilungen aus Marburgs Vorzeit. Marburg 1886.
- Clayton, H.H.: Über den Zusammenhang synchroner Witterungs- und Hochwasserperioden mit den elfjährigen Sonnenfleckencyklen. (Besp. J. Müller, Met. Ztschr. 1928, S. 146—149.)
- Dammann, W.: Zur Physiognomie der Niederschläge in Nordwestdeutschland. Gött. Geogr. Festkolloquium. Göttinger geogr. Abh. Heft 1, 1948, S. 58—69.
- Decheniana: Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens. Band 103. Wasserhaushalt und Waldverwüstung. Bonn 1948.
- Engler, A.: Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Zürich 1919.
- Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen im Jahre 1909 u. a. Veröff. d. Preuß. Meteor. Inst. Berlin.
- Ergebnisse phänologischer Beobachtungen im Deutschen Reich im Jahre 1937. Reichsamt für Wetterdienst. Wiss. Abh., Bd. VII, Nr. 3. Berlin 1940.
- Feldner, H.: Die Flußdichte und ihre Bedingtheit im Elbsandsteingebirge und in dessen nordöstlichen Nachbargebieten. Mitt. d. Ver. f. Erdkde. Leipzig 1902.
- Fischer, Karl: Die Niederschlags- und Abflußbedingungen für den Talsperrenbau in Deutschland (Vortrag). Ztschr. f. Erdkunde, Berlin 1912, S. 641.
- : Abflußverhältnisse, Abflußvermögen und Verdunstung von Flußgebieten Mitteleuropas. Met. Ztschr. 1925, S. 348.
- : Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Weser- und Allergebiet. Jb. f. d. Gewkde Norddeutschlands. Bes. Mittlg., Bd. 7, Nr. 2. Berlin 1932.
- Flohn, H.: Zur Klimakunde Deutschlands. Berichte zur Dt. Ldkde, Bd. 1, 1941/42, S. 198—203.
- : Witterung und Klima in Deutschland. Forsch. z. Dt. Ld. u. Volkskunde. Bd. 41, Leipzig 1942.
- Friedrich, Wilhelm: Methodik der Untersuchungen über den Wasserhaushalt in Flußgebieten. VI. Balt. Hydrol. Konf. 1938. Berlin 1938. Hauptbericht 1.
- : Zur Methode der Verdunstungsmessungen. VI. Balt. Hydrol. Konf. Bericht 16 C. Berlin 1938.
- : Die Entwicklung der Hydrometeorologie in Deutschland und ihre Zukunftsaufgaben. Deutsche Wasserwirtschaft 1939, S. 312.
- : Hydrographie. Naturf. u. Medizin in Deutschland 1939—46. Bd. 18, Nr. 9. Teil II. Geophysik.
- : Über den Abfluß bei Hochwasser. Göttinger geograph. Festkoll. Gött. geogr. Abh., Heft 1, 1948, S. 70—81.
- : Wald und Wasserhaushalt. Mitt. Nr. 11 der Bundesanstalt f. Gewässerkunde, Bielefeld vom 3. 11. 49. S. 29—36.
- Gerbing, W.: Das Hochwasser vom Februar 1909. Zentralblatt der Bauverwaltung. Nr. 69, 1909, S. 457 u. 477.
- Geiger, Rudolf: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1950, 3. Auflage.
- : Die Auswirkungen der Dürre. Met. Rdsch., 1. Jg., 1948, S. 513.
- Gönnenwein, M.: Untersuchungen über die Flußdichte schwäbischer Landschaften. Ohringen 1931.
- Gravelius, H.: Zur Anthropogeographie des Wassers I. Mitt. d. Ver. f. Erdkde zu Dresden, Heft 1. Dresden 1905, S. 29.
- : Flußkunde I. Berlin 1914.

- Göhre, K.: Der Wasserhaushalt im Boden (nach Messungen in Eberswalde). Ztschr. f. Meteorol., Jg. 3, 1949, S. 13—19.
- Greim, Georg: Der Schneefall in Hessen in den Jahren 1901—1930. Reichsamt für Wetterdienst. Wiss. Abh., Bd. V, Nr. 8. Berlin 1939.
- Groth, W. und Schweicher, F.: Das Februarhochwasser 1946 in NW-Deutschland. Neues Archiv f. Ld. u. Vkde v. Niedersachsen. Heft 4, 1948.
- Grunow, J.: Die Wasserklemmen der norddeutschen Ströme in den Jahren 1891—1930. Forsch. z. Dt. Ld. u. Vkde., Bd. 31. Stuttgart 1935. S. 37—110.
- Gurlitt, D.: Das Mittelrheintal, Formen und Gestalt. Forsch. z. Dt. Ld. u. Vkde. Bd. 46. (S. 57).
- Gutachten, geologische, für Talsperrenplanungen im Lahngebiet. Preuß. Geol. Ld. A. am 3. 2. 36; Reichsamt f. Bodenf. am 10. 3. 42, Hess. Ld. A. f. Bodenf. Wiesbaden, am 19. 1. 48 u. 31. 3. 49 (unveröffentlicht).
- Gutersohn, Heinrich: Relief und Flußdichte. Diss. Zürich 1932.
- Haeuser, J.: Die Arbeiten und Veröffentlichungen des Reichsamtes für Wetterdienst in Berlin über die Niederschlagsverhältnisse des Deutschen Reiches und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Bd. 32, 1937, S. 197.
- Halbfaß, W.: Das Wasser im Wirtschaftsleben des Menschen. Frankfurt/M. 1911. —: Grundlagen der Wasserwirtschaft. Berlin 1921.
- Hann-Süring: Lehrbuch der Meteorologie. 5. Aufl. Leipzig 1939—51.
- Hartmann, W.: Die meteorologischen Ursachen des Februar-Hochwassers in Niedersachsen im Jahre 1946. Neues Archiv f. Ld. u. Vkde v. Niedersachsen. Heft 4. 1948.
- Helbig, Maximilian: Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden. Handbuch der Bodenlehre, Bd. 6, S. 221—253. Berlin 1930.
- Hellmann, G.: Die Regenverhältnisse vom 22. bis 24. 11. 1890 in Mittel- und Westdeutschland. Met. Ztschr. 1891. S. 150—154.
- Hellmann, W.: Die Dürreperiode im Frühjahr 1893. Veröff. d. Preuß. Meteor.-Inst., Erg. d. Niederschlagsbeobachtungen 1893. S. XI—XXV.
- : Die Niederschläge in den norddeutschen Stromgebieten. In 3 Bänden. Berlin 1906.
- : Klimaatlas von Deutschland. Berlin 1921.
- Hesse, W.: Niederschlag und Abfluß im Edergebiet. Diss. Halle 1935.
- Hettner, A.: Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methoden. Breslau 1927.
- Hochwasser im Rheingebiet 1925/26. Gutachten des Sachverständigenausschusses zur Untersuchung der großen Hochwässer... Jb. f. d. Gewkde Ndd. Bes. Mittlg., Bd. 5, Nr. 2.
- Jacob, Oberreg. und -baurat i.R.: Gutachten über Abgrenzung des Verbandsgebietes des Lahnverbandes vom 21. 1. 49 (Aktenmaterial).
- Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Abflußjahr 1926 bis 1936 und weitere Fotokopien.
- für die Gewässerkunde des Deutschen Reiches. Abflußjahr 1937 bis 1940. Berlin 1940—44.
- Johannsen, A.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. Diss. (maschinenschr.). Marburg 1945.
- Justi, K. W.: Die Vorzeit. Jg. 1838.
- Keller, H.: Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. Jb. f. d. Gewkde. Ndd. Bes. Mittlg., Bd. 1, Nr. 4. Berlin 1906.
- : Die Abflußerscheinungen in Mittel-Europa. G. Z. 1906. S. 611 u. 682.
- Kern, H.: Die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß im Maingebiet. Rhein-Main. Forschg. Heft 8. Frankfurt a. M. 1934.
- Kesslitz, W. v.: Hochwasser und Sonnenflecken. Met.-Ztschr. 1938. S. 457—459.
- Kirwald, E.: Wald und Wasserhaushalt. Niederschlag und Abfluß im Laub- und Nadelwald. Dt. Wasserwirtschaft, Jg. 36, 1941, H. 9, S. 450 u. 511.
- : Forstliche Wasserhaushaltstechnik. Neudamm 1944.
- Klimakunde des Deutschen Reiches. Band II. Tabellen. Reichsamt für Wetterdienst. Berlin 1939.

- Knoch, K.: Betrachtungen zum Jahresgang der Niederschläge in Deutschland. *Pet. Geogr. Mitt.* 1944. S. 74—77.
- Knochenhauer, W.: Dürre und Dürreperioden 1934. Reichsamt für Wetterdienst. *Wiss. Abh.*, Bd. 3, Nr. 9, 1937.
- Knothe, H. u. O. Moese: Meteorologische Ursachen des schlesischen Maihochwassers 1939. Breslau 1939.
- Koehne, W.: Grundwasserkunde. 2. Aufl. Stuttgart 1948.
- Krakhecken, Maria: Die Lippe. Münster 1939. Arbeiten der Geographischen Kommission im Prov. Inst. f. Westf. Ld. u. Vdkde. Nr. 2.
- Kreutz, W.: Das Eindringen des Frostes in Böden unter gleichen und verschiedenen Witterungsbedingungen während des sehr kalten Winters 1939/40. Reichsamt für Wetterdienst. *Wiss. Abh.*, Bd. IX. Berlin 1942.
- : Der lange, kalte Winter 1946/47 und sein Einfluß auf das Bodenklima. *Met. Rdsch.*, 1. Jg., 1948, S. 204.
- Kruse, H.: Wasser. Darstellung seiner chemischen, hygienischen, medizinischen und technischen Probleme. Hannover 1949.
- Kuhnke, W.: Groß-Schneefälle in Deutschland, insbesondere die Schneebruchkatastrophe vom 16. April 1936. *Met. Ztschr.* 1936. S. 418—428.
- Lippert, F.: Hochwasservoraussage (Methodik) und Hochwassermeldedienst auf deutschen Flüssen. VI. Balt. Hydrol. Konf. Ber. 4 B. Berlin 1938.
- Loos, F.: Zur Hydrographie des Westerwaldes. Diss. Gießen 1904.
- Mauß, O.: Geomorphologie. Enzyklopädie der Erdkunde. Leipzig u. Wien 1938.
- Meteorologisches Jahrbuch für Preußen. Beobachtungen an den Stationen II. und III. Ordnung. Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen. Preuß. Met.-Inst. Berlin.
- : Deutsches Meteorologisches Jahrbuch. Reichsamt für Wetterdienst. Berlin.
- : Deutsches Meteorologisches Jahrbuch US-Zone 1945, 1946. Deutscher Wetterdienst in der US-Zone Zentralamt Bad Kissingen 1949.
- Monheim, F.: Das Neckarhochwasser vom 29. bis 30. Dezember 1947. *Erdkunde. Archiv f. wiss. Geogr. Bonn*, Bd. III, 1949, S. 219—240.
- Neumann, L.: Die Dichte des Flußnetzes im Schwarzwalde. Beiträge zur Geophysik von Gerland. IV. Bd. Leipzig 1900. S. 219—240.
- Penck, A. und Ruvarac, V.: Die Abfluß- und Niederschlagsverhältnisse von Böhmen nebst Untersuchungen über Verdunstung und Abfluß von größeren Landflächen. *Geogr. Abh.*, Bd. V, H. 5. Wien 1896.
- Philippson, A.: Studien über Wasserscheiden. *Mitt. d. Ver. f. Erdkunde.* Leipzig 1886.
- Polis, P.: Die Platzregen im mittleren Maas- und Roergebiete vom 30. Juni, sowie die Dauerregen in Westdeutschland und Belgien vom 14. und 15. September 1901. *Met. Ztschr.* 1902. S. 399—405.
- Puls, E.: Vergleichende Untersuchungen über Flußdichte. Diss. Hamburg 1910.
- Reichel, E.: Hydrometeorologie. *Met. Rdsch.*, 1. Jg., 1948, S. 493—500.
- Rheinstrom..., Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem Deutschen Reich. Berlin 1889.
- Ringleb, F.: Die thermische Kontinentalität im Klima West- und Nordwestdeutschlands. *Met. Rdsch.*, 1. Jg., 1947, S. 87—95.
- : Die hygrische Kontinentalität im Klima West- und Nordwestdeutschlands. *Met. Rdsch.*, 1. Jg., 1948, S. 276—282.
- Roschke, G.: Niederschlag und Abfluß des Queisgebietes im Zeitraum 1926 bis 1935. *Dt. Wasserwirtschaft* 1939, S. 153 u. 217.
- Sassenfeld, M.: Starke Niederschläge und Hochwasser des Rheins im Dezember 1919 und Januar 1920. *Met. Ztschr.* 1920, S. 234.
- : Starke Regenfälle und Hochwasser im Rheinstromgebiet im November 1924. *Met. Ztschr.* 1925, S. 203—204.
- Schmidt, H. (Oldenburg): Die wasserwirtschaftliche Generalplanung und die Kartierung land- und forstwirtschaftlicher Wassermangelflächen. *Die Wasserwirtschaft*, 39. Jg., 1948/49, H. 5.
- Schmidt, H. (Dillenburg) u. Lange: Allgemeiner Plan des Siegverbandes. Aufgestellt: Siegen, 25. 7. 42 (Maschinenschr.).

- Schmithüsen, J.: Der Niederwald des linksrheinischen Schiefergebirges. Ein Beitrag zur Geographie der rheinischen Kulturlandschaft. Beitr. z. Ldkde. der Rheinlande, 2. Reihe, H. 4. Bonn 1934.
- Schneider-Carius, K.: Sommergewitter in heißen, trockenen Sommern. Met. Rdsch., 2. Jg., 1949, S. 143—146.
- Schrepfer, H.: Der Nordwesten. Bd. I. der Landeskunde von Deutschland. Hrg. N. Krebs. Leipzig und Berlin 1935.
- Schroeder: Die wasserwirtschaftliche Generalplanung. Bielefeld-Windelsbleiche 1947.
- Schröder, R.: Die Grenzlinie zwischen dem Sommer- und Wintermaximum der Niederschläge an den Gebirgen des mittleren Westdeutschland und ihre jährliche Verschiebung. Diss. 1948. Mainz. (Maschinenschr.)
- : Neue Untersuchungen zur Lage der Grenzen zwischen dem Sommer- und Wintermaximum der Niederschläge an deutschen Mittelgebirgen. Met. Rdsch., 2. Jg., 1949, S. 89—91.
- Schubach, K.: Niederschlagssickerung durch verschiedene Böden. Met. Rdsch., 1. Jg., 1948, S. 351—354.
- Schubert, J.: Das Verhalten des Bodens gegen Wärme. Handbuch der Bodenkunde, Bd. VI. Berlin 1930. S. 342—375.
- Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich. 57. Jg. 1938. Berlin 1938.
- Statistisches Handbuch von Deutschland 1928—1944. München 1949.
- Stein, J.: Die Regenverhältnisse von Marburg auf Grund dreißigjähriger Beobachtungen an der meteorologischen Station daselbst. Diss. Marburg 1897.
- Steinert, M.: Die geographische Bedeutung der Talsperren. Diss. Jena 1911. Dresden 1911.
- Strele, G.: Über den Einfluß des Waldes auf den Wasserabfluß. Dt. Wasserwirtschaft 1939, Nr. 2, S. 64—71.
- Ule, W.: Niederschlag und Abfluß in Mitteleuropa. Forsch. z. Dt. Ld. u. Vdkde. 1903. S. 439—514. Stuttgart 1903.
- : Physiogeographie des Süßwassers. Enzyklopädie der Erdkunde. Leipzig und Wien 1925.
- Vogelsanger, J. E.: Die Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet der Lahn. Gießen 1936.
- Wagenhoff, A.: Auszüge aus der außerdeutschen Literatur zum Thema „Wald und Wasserhaushalt“ 20. 6. 47 (unveröffentlicht).
- : Die Wirkung der Großkahlschläge auf den Wasserhaushalt und den Bodenabtrag. Allg. Forstzeitschrift, Nr. 42, 1949.
- Wasserkräfte..., Die Wasserkräfte des Berg- und Hügellandes in Preußen und benachbarten Staatsgebieten. Preuß. Landesanstalt für Gewässerkunde. Berlin 1914. (Bespr. W. Halbfaß in G. Z. 1915, S. 226—231.)
- Weck, J.: Über die unterschiedliche Wasserbilanz einschichtiger Reinbestände und mehrschichtiger Mischbestände des Wirtschaftswaldes. Das Wasser. Jg 1. 1949. S. 68—71.
- Weimann, R.: Fragen des Wasserhaushalts im Mittelrheingebiet, dargestellt besonders am Beispiel der Nahe. Bonner Geogr. Abh., H. 1. Bonn 1947.
- Wetterbericht, täglicher. Hrg. vom Deutschen Wetterdienst in der US-Zone. Zentralamt Bad Kissingen.
- Witterungsbericht, Deutscher, 1940—1944. Dt. Wetterd. i. d. US-Zone. Bad Kissingen 1948.
- Witterungsbericht (monatlich) 1946—1948. Dt. Wetterdienst i. d. US-Zone.
- Woikoff, A.: Die Klimate der Erde. 1. Teil 1887.
- Wolff, W.: Die Flußdichte im Gebiet der Ahr, Erft und Roer. Diss. Bonn 1912.
- Wollny, E.: Über den Einfluß der Pflanzendecke auf die Wasserführung der Flüsse. Meteor. Ztschr. Bd. XVII. 1900. S. 491—504.
- Wundt, W.: Beziehungen zwischen den Mittelwerten von Niederschlag, Abfluß, Verdunstung und Lufttemperatur für die Landflächen der Erde. Dt. Wasserwirtschaft 1937. H. 5 u. 6.
- : Niederschlag und Abfluß im Zusammenhang mit der Temperatur und der Lage der Trockengrenze. Pet. Mittlg. 1937. S. 72—75 und 107—110.
- : Das Bild des Wasserkreislaufs auf Grund früherer und neuer Forschungen. VI. Balt. Hydrol. Konf. Berlin 1938.

- : Die Hydrographie des Feldberggebietes. In „Der Feldberg im Schwarzwald“. Freiburg 1948. S. 97—121.
- : Die größten Abflußspenden in Abhängigkeit von der Fläche. Die Wasserwirtschaft 40. Jg., 1949/50. H. 2. S. 59—64.
- Wussow, G.: Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland. Abh. d. Preuß. Met. Inst. Bd. VII. Nr. 1 (Bespr. in Met. Ztschr. 1921, S. 26—28 von Kassner).
- Zimmermann, G.: Zur Gewitterhäufigkeit in heißen, trockenen Sommern. Met. Rdsch. 1. Jg. 1948. S. 470—471.

Benutztes Kartenmaterial

- Klimaatlas von Hessen, bearbeitet im Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, Bad Kissingen 1949/50.
- Mittlere Jahressummen des Niederschlags, Periode 1891/1930, 1:200 000, Einzelne unveröffentlichte Blätter. Bearbeitet im Zentralamt d. Dt. Wetterd. Bad Kissingen 1949.
- Topographische Karte (Meßtischblätter) 1:25 000. Reichsamt für Landesaufnahme, Berlin.
- Topographische Übersichtskarte des Deutschen Reiches 1:200 000, Blatt Siegen, Arolsen, Marburg, Frankfurt, Koblenz.
- Geologische Übersichtskarte 1:200 000 (wie vor).
- Geologische Spezialkarte von Preußen etc. und Erläuterungen 1:25 000.
- Geologische Karte von Hessen 1:25 000 und Erläuterungen.
- Waldverbreitung Deutschlands 1:1 000 000. Bearbeitet im Inst. f. Forstpolitik Tharandt. J. Neumann, Neudamm u. Berlin o. J.

Lebenslauf

Am 16. Juli 1921 wurde ich als Sohn des Facharztes der Chirurgie, Dr. Johannes Tichy aus Schreiberhau im Riesengebirge, in Marburg/Lahn geboren. Ich bin evangelisch und besitze die deutsche Staatsangehörigkeit.

In Schreiberhau-Mariental besuchte ich von Ostern 1927 bis Ostern 1931 die ev. Volksschule und von Ostern 1931 bis Ostern 1934 die Carl Hauptmann-Mittelschule. Von Ostern 1934 bis 1. Oktober 1939 war ich Schüler des Staatlichen Gymnasiums in Hirschberg im Riesengebirge. Ich verließ das Gymnasium zum Kriegshilfsdienst, dem ich bis 15. 3. 1940 angehörte. An diesem Tage erhielt ich das Abgangszeugnis mit dem Vermerk der Reife zugestellt.

Nach Kriegsende konnte ich in meine Heimat nicht zurückkehren und gewann Heimatrecht in Marburg durch den Wiederaufbau des Wohnhauses der Großeltern.

Im Wintersemester 1945/46 konnte ich das Studium der Naturwissenschaften in Marburg aufnehmen und bis zum Wintersemester 1949/50 durchführen. Dies habe ich nicht zuletzt meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Hilfskraft im Geographischen Institut seit Juli 1946 zu verdanken.

Meine akademischen Lehrer waren in den naturwissenschaftlichen Fächern die Herren Professoren und Dozenten:

Alverdes, Blume, Claussen, Dietzel, Grüneisen, Kessel, Klüpfel, Koller, Laves, Luther, Mahr, Meerwein, Pirson, Schmitthener, Vortisch und Walcher.

Franz Tichy

